

论花岗质岩浆多重侵位及其多重成矿模型

芮宗瑤 张洪涛 李 宁 王龙生

(中国地质科学院矿床地质研究所)

主题词: 岩浆侵位; 成矿作用; 多重成矿模型

提 要: 我国许多斑岩型和斑岩-矽卡岩型矿床具有“多位一体”特征, 在区域上可构成矿床系列, 在矿区则构成矿床体系。本文强调这种多重成矿模型的普遍意义, 提出花岗质岩浆的源岩、侵位和矿化的多重性是形成复杂多样的金属矿床的重要原因之一。重视和加强多重成矿模型研究, 对于开拓找矿思路是十分有益的。

随着找矿实践的不断发展, 越来越多的矿床学家注意到: 花岗质岩浆的源岩多样性及岩浆-热液多重就位是造成斑岩型、矽卡岩型及其他热液型矿床在多重空间分布的重要原因之一。本世纪六十年代, Wallace等率先建立了美国克莱麦克斯斑岩钼矿的多重成矿模型, 在该理论的指导下, 在以后十余年中于科罗拉多成矿带先后探明了几个大型钼矿, 累计矿石储量超过10亿吨。我国在七十年代末也推出了华南“五层楼”钨矿多重成矿模型、城门山“多位一体”成矿模型、黄沙坪铅锌钨锡矿多重成矿模型等。黄汲清教授在十年前评述克莱麦克斯多重成矿模型时就强调指出: “多重成矿模型”是“多旋回成矿”体现之一, 认为多旋回成矿理论也是一条找矿路子, 一旦被广大地质工作者所掌握, 我国的矿产资源储量定有新的突破(刘汉等, 1981)^[1]。本文旨在强调多重成矿理论的普遍性, 探讨这种成矿作用的地质意义, 从而进一步开阔找矿思路, 在中国具体的地质背景上, 不断完善斑岩型、矽卡岩型和其他热液型矿床的成矿模型, 更好地为找矿服务。

本文将多重成矿模型定义为: 随着花岗质岩浆的源岩的多样性、岩浆侵位多次性及矿化重叠性, 造成多种矿石类型或多种不同类型的矿体在同一个矿床或矿田中叠置于不同空间部位, 构成一组复杂多样且具内在联系的成矿系列。对于这种成矿过程、产物及成矿环境的综合概括, 称之为多重成矿模型。

一、源岩多样性

花岗质岩浆是由源岩通过部分熔融作用而产生的(图1), 而源岩无疑是多种多样的。源岩在总体上可以划分为两个端员: 一种是镁铁质源岩, 另一种是长英质源岩, 介于两者之间的为过渡性源岩。镁铁质源岩可以包括上地幔中的基性-超基性岩、下地壳中的基性岩、绿片岩及上地壳中的基性火山岩等; 长英质源岩可以包括下地壳中的长英质片麻岩、长英质麻粒岩、各类中酸性火成岩及上地壳中的长英质沉积岩、火成岩和变质岩等。

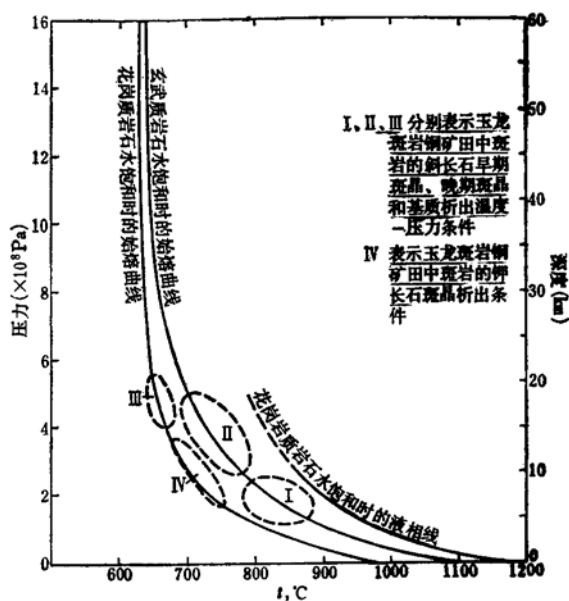


图1 花岗质岩石和玄武质岩石水饱和时的熔化关系曲线

(据Burnham, 1980^[2]; 马鸿文, 1987^[3]; 芮宗瑶等, 1984^[4]资料编制)

Fig.1 Melting relationship of the granite and basalt saturated with H₂O

是含碳质沉积岩源岩分熔的产物。前者比后者所含的成矿元素要丰富得多, 且氧逸度要高3~4个数量级。

由于花岗质岩浆的源岩多种多样, 作为这类岩浆—热液衍生物的斑岩型和矽卡岩型矿床, 则可能构成一个花岗质岩浆—热液机制的高位成矿系列, 其中包括铜矿、钨矿、锡矿、铅锌矿、钼矿、金矿、银矿和铀矿等。

人们有时候将镁铁质源岩分熔出来的花岗岩类归为上地幔起源, 而把长英质源岩分熔出来的花岗岩类归为地壳起源。这种假想从某种意义上说有一定道理, 但有时并不确切。正如我们在上面所谈到的镁铁质源岩可以产于上地幔, 也可以出现于下地壳, 甚至有可能出现在上地壳某些镁铁质火山岩, 它们未经风化作用, 而在地质历史时期重新埋藏到深处, 并且作为一种源岩发生部分熔融而产生花岗质岩浆, 试问这种岩浆能与上地幔镁铁质源岩分熔的花岗质岩浆有多少区别呢? 即使人们通过初始铷、微量元素和同位素地球化学研究, 能否明确将它们加以区分仍值得怀疑。

更值得引起我们注意的是许多花岗质岩类的复式岩体和杂岩体, 从最初的侵位至最终侵位曾经历漫长的地质年代, 短则几十百万年^[4], 长的达数亿年, 在这样长的地质历史中源岩的分熔作用能停留在同一个水平岩层中吗? 随着地质历史的变更, 源岩的分熔作用可能由深而浅, 也有可能由浅入深。这种不同层次岩层的分熔作用必然会给岩浆和成矿元素带来多样化。或许这种考虑将使我们容易摆脱仅从同一个岩浆房内部的演化来解释花岗质岩类及其成矿的局限性。

在许多增厚的大陆壳内部, 长英质源岩当然是花岗质岩浆的主要源岩。但是长英质大陆

源岩对斑岩型和矽卡岩型及其他热液型矿床的主要成矿元素和伴生成矿元素可能都有重要影响 (Chappell和 White, 1974^[5]; Burnham, 1980; 徐克勤等, 1984^[6]; Ishihara, 1977^[7], 1989^[8]), 或许很多斑岩型和矽卡岩型及其他热液型矿床的成矿元素具有地域特色, 就是对源岩继承性的反映。在长江中下游金属成矿带, 斑岩型和矽卡岩型矿床的成矿元素组合以Fe、Cu、Au、Co和Pt族元素为特点, 可能反映对镁铁质源岩的继承性。相反, 在南岭金属成矿区, 斑岩型、矽卡岩型及其他热液型矿床的成矿元素组合以W、Sn、Mo、Bi、Be、Nb、Ta、REE等元素为特色, 则可能反映了对长英质源岩的继承性。两者成矿热流体继承了源岩和分熔岩浆的特征, 具有明显差异 (表1)。

Ishihara等 (1977, 1989) 通过两类花岗岩的研究认为, 磁铁矿型的花岗岩可能是火成岩源岩分熔的产物, 钛铁矿型花岗岩可

表1 与花岗质岩浆有关的两类热流体体系特征对比^[6,9,11,12]

Table 1 Characteristic contrast of two hydrothermal systems related with granitic magma

长江中下游斑岩型和矽卡岩型矿床的 富氧富硫热流体体系	南岭斑岩型、矽卡岩型及其它热液型矿 床的贫氧贫硫热流体体系
1. f_{O_2} 高; f_{O_2} -T演化趋势线可以 bio ($X_{ann}=0.2-0.4$)/ $Kf+Mt$ 和 $SO_2/H_2S=1$ 来代表; 由于氧逸度高, 则出现铁黑云母、金云母、磁铁矿、黄铁矿、硬石膏、石膏、赤铁矿和穆磁铁矿等标型矿物。	1. f_{O_2} 低; f_{O_2} -T演化趋势线可以 $Fa/Mt+Q$ (FMQ)和 $CO_2/CH_4=1$ 来代表; 由于氧逸度低(相对低 $10^{-7}-10^{-4}$), 则出现铁黑云母、钛铁矿和磁黄铁矿等标型矿物。
2. ΣS 高; f_{S_2} -T演化趋势线可以 Ag_2S/Ag ($X_{Ag}=0-0.6$)和 $Bn+Py/Cp$ 来代表; 系统中 $SO_2=0.1-1m$, $m_{SO_2}/m_{H_2S}=0.1-10$; 由于 ΣS 高, 系统中有大量硫化物和硫酸盐析出。	2. ΣS 低; f_{S_2} -T演化趋势线可以 Ag_2S/Ag ($X_{Ag}>0.5$)和 Py/Py 来代表; 系统中 $SO_2<0.1m$, $m_{SO_2}/m_{H_2S}<0.1$; 由于 ΣS 低, 系统中硫化物相对不高, 很少或不出现硫酸盐。
3. 系统中往往缺乏 H_2 、 CO 、 CH_4 等还原物质; $m_{SO_2} \gg m_{H_2S} \gg m_{CH_4}$ 。	3. 系统中常含有 H_2 、 CO 、 CH_4 等还原物质; $m_{SO_2} \ll m_{CO_2} \approx m_{CH_4} \approx m_{H_2S}$ 。
4. 系统中 Cl^- 的活动性超过 F^- 、 CO_2 ; 热流体中氯化物含量最高可达70(wt%)。	4. 系统中 F^- 、 CO_2 的活动性超过 Cl^- ; 热流体中氯化物含量很少超过35(wt%), 一般仅3-7(wt%)。
5. 挥发相从岩浆中分离出来的初始温度达 $900^\circ C$, 通常为 $850-700^\circ C$ 。	5. 挥发相从岩浆中分离出来的初始温度相对较低, 通常很少超过 $550^\circ C$ 。
6. 系统中pH值的变化范围较宽, 通常变化于3.3-8; 由于系统可出现强酸性条件, 因此蚀变相中可出现高岭石和埃洛石等矿物相。	6. 系统中pH值变化范围较窄, 通常变化于5-8; 由于系统很少出现酸性条件, 因此极少出现深度泥化蚀变带。
7. 在沸腾热流体(steam plume)中以富 HCl 和 P_2O_5 为特征。	7. 在沸腾热流体中以 HF 和 CO_2 为特征。

壳不是铁板一块, 僵化的大陆壳常常被许多深断裂切割, 甚至支解。沿着这些深断裂带常有镁铁质源岩和长英质源岩分熔出来的花岗质岩浆沿着同一个断裂构造带, 在同一个地质历史时期或不同地质历史时期上侵到地壳上部相同部位, 这就造成了两种或多种不同源岩的分熔岩浆的共存或混杂。由此, 造成在相同的构造带出现两套或多套不同来源的花岗质岩及与其有关的热液矿床。

城门山铜矿床从第一期侵位的花岗闪长斑岩、二长花岗斑岩和石英长石斑岩(142—155Ma)到第二期侵位的霏细石英斑岩、晶屑石英斑岩(118—120Ma), 大约相隔30Ma左右^[6], 在这样长的时间间隔内很难设想分熔作用会停留在同一个源岩层内。我们能否设想, 分熔开始源岩为偏基性的岩石, 相应的成矿金属为铜(金)等; 嗣后源岩更替为偏酸性的岩石, 相应的成矿金属转为铜、钼等。这种解释似乎比单纯从同一个岩浆房的演化解释岩浆成分和成矿金属组合的变化更合理一些。

二、侵位的多重性

花岗质岩浆侵位的多重性具有普遍意义, 这不仅表现为某些岩基和岩株是复式岩体或杂岩体, 而且大多数成矿小斑岩体也都是复式的, 尽管这些岩体的出露面积一般不到 $2km^2$ 。

岩浆侵位的多重性是Wallace建立克莱麦克斯斑岩钼矿成矿模式^[9](图2)和黄恩邦等建

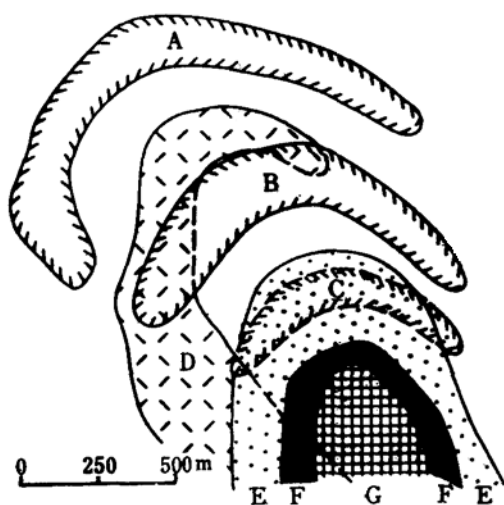


图2 克莱麦克斯斑岩钼矿床斑岩岩浆多重侵位和多重成矿模型示意图

(据Wallace等1968和R. Steininger 1984资料简化)

Fig.2 Schematic model of the multiple intrusion and multiple mineralization of porphyry magma of Climax porphyry molybdenum deposit

A, B, C—表示三重矿化的位置; D—复式岩株西南岩体; E—复式岩柱中部岩体; F—复式岩株细晶斑岩; G—复式岩株斑状花岗岩

式岩体是由五个阶段的产物组成的: 黑云母二长花岗斑岩→黑云母花岗斑岩→石英二长斑岩→钠长斑岩→长英质岩脉。

江西德兴铜厂含矿斑岩体出露面积 0.7km^2 , 岩浆侵位从 179Ma 可能延续到 112Ma ^[11]。主成矿岩体为花岗闪长斑岩, 岩浆侵位的演化顺序为: 第一次侵位为花岗闪长斑岩和石英闪长玢岩; 第二次侵位为花岗闪长斑岩; 第三次侵位为石英闪长玢岩和黑云母闪长玢岩; 第四次侵位为石英闪长玢岩和细粒闪长岩; 最后以细晶岩和煌斑岩而告结束。还有一点值得一提: 在我们研究德兴斑岩铜矿的过程中(朱训等, 1983)^[12], 曾发现一种蚀变很深的古闪长岩被包裹在燕山期含矿花岗闪长斑岩体中, 很象一种残留体, 几乎大部分富铜矿石都属于这种古闪长岩。我们推测这种古闪长岩可能为海西期产物, 但对此未引起足够的重视, 以致在撰写专著《德兴斑岩铜矿》时并未详细描述这种古闪长岩。

云南马厂箐含矿斑岩体出露面积 1.36km^2 , 岩浆侵位属于喜马拉雅期。虽然主含矿岩体为斑状花岗岩和花岗岩, 但是这一复式小岩体的演化关系十分复杂, 其中从早到晚包括有: 正长岩→含透长石石英正长斑岩→片麻状石英二长斑岩→石英二长斑岩→浅色微晶花岗岩→云煌煌斑岩→花岗岩→斑状黑云母花岗岩和细晶岩→花岗岩、石英正长斑岩和煌斑岩。

安徽沙溪含矿斑岩体也是一个出露面积不大的小岩体, 岩浆侵位从 173Ma 可能延续至 123Ma ^[6]。主成矿岩体为石英闪长斑岩, 但该复式岩体的演化关系也相当复杂, 自早到晚

立城门山斑岩-矽卡岩铜(钼)矿“多位一体”模式^[10]的基础。根据Wallace模型所阐明的斑岩岩浆多次侵位及矿化多次发生, 后来使他们成功地在乌拉德斑岩钼矿床之下又发现了世界特大型亨德逊斑岩钼矿床。

许多非含矿斑岩岩浆侵位却不具多重性。它们在侵位之后, 其通道往往被堵塞, 与深部岩浆房的联系中断, 所以非含矿斑岩体得不到深部岩浆房的补给。相反, 含矿斑岩岩浆在第一次侵位之后, 仍然与深部岩浆房保持长期联系, 它们不但在继后地质历史阶段不断地得到深部岩浆的补给, 同时还伴有沸腾热流体(steam plume)的补给。这种沸腾热流体的温度常常很高, 在我国玉龙、马拉松多和德兴等斑岩铜矿中, 有一组流体包裹体的均一温度达 $500\sim 900^\circ\text{C}$ 。

含矿斑岩岩浆侵位的多重性不胜枚举, 下面对我国一些典型斑岩矿床作一简略分析。

西藏玉龙含矿斑岩体出露面积 0.64km^2 , 岩浆侵位从 55Ma 可能延续到 37.9Ma ^[4]。虽然成矿主岩体为黑云母二长花岗斑岩, 但含矿复

为：安山角砾岩、安山岩、安山质凝灰岩→斑状石英闪长岩和斑状黑云母闪长岩→石英闪长斑岩和闪长玢岩→闪长玢岩、煌斑岩和花岗斑岩→安山玢岩→安山质熔岩和凝灰角砾岩等。

江西城门山含矿斑岩体与上述含矿岩体都有一个共同特点，就是它们侵位的多重性。它的出露面积只有0.8km²，但它的多重性明显具有三个特点：(1) 明显包括两类含矿斑岩，含铜(金)的花岗闪长斑岩和含钼(铜)的石英斑岩；(2) 侵位的延续时间超过40Ma；(3) 岩浆侵位明显分为三期，各期岩浆侵位之间具有时间间隔，第1期为花岗闪长斑岩→二长花岗斑岩→石英长石斑岩；第2期为霏细石英斑岩→晶屑石英斑岩；第3期为英云闪长斑岩→安山玢岩。

三、矿化的多重性

斑岩矿化的多重性也具有普遍意义。上文已谈到矿化多重性是Wallace建立克莱麦克斯斑岩钼矿多重成矿模型的核心。前人认为，克莱麦克斯钼矿是一次矿化，蚀变和矿化地质体均围绕中心石英核，而通过Wallace等人的长期研究，确认该矿床为四次侵位，三次矿化(图3)。每一次岩浆侵位和矿化都代表岩浆房的一次脉动，也就是说，高位岩浆房中的岩浆通过二次沸腾，释放出超临界状态的水流体相，亦即沸腾热流体(steam plume)，增大了岩浆熔融体的内能，亦即增大了破坏围岩的机械能。这种演化关系可归纳为如下简单表达式 $m \rightarrow m' + S + V$ ； $\Delta V = f(v)$ ； $P = f(\Delta v)$ ； $W = f(P)$ 。

表达式中的 m 为熔浆； m' 为残余残浆； S 为结晶相； V 为挥发相； ΔV 为挥发相引起的体积增量； P 为内压力； W 为破坏围岩的机械能。

由此可见，一旦内压力增加至数千巴，便足以引起围岩的破裂，或引起斑岩体顶部的冷凝壳的爆破，使岩浆—热流体上升到更高的部位。成矿系统在这一过程中由封闭转为开放，并由此产生斑岩体顶部和邻近围岩的网状破裂系统和角砾岩筒。当高温热流体一旦进入较冷的围岩时，热流体体系很快失去平衡，从而引起围岩蚀变，并促使成矿热流体中的矿质沉淀下来。同时，这种上升热流体还会带动被加热的天水对流循环，使早先已沉淀的矿质重新活化和分配(早期黑云母化时期铜的富集可达2000ppm左右)，并使围岩中的矿质被萃取出来，带到对流循环机构的物理化学梯度突变地带(通常为绢云母化带)，从而堆积成为工业矿石。

矿化的每一次脉动都以斑岩体顶部能否积聚足够的高温热流体，亦即获得足够的机械能为前提。由于机械能的突然释放，造成斑岩体顶部和围岩的强烈破裂。这种网状破裂系统是

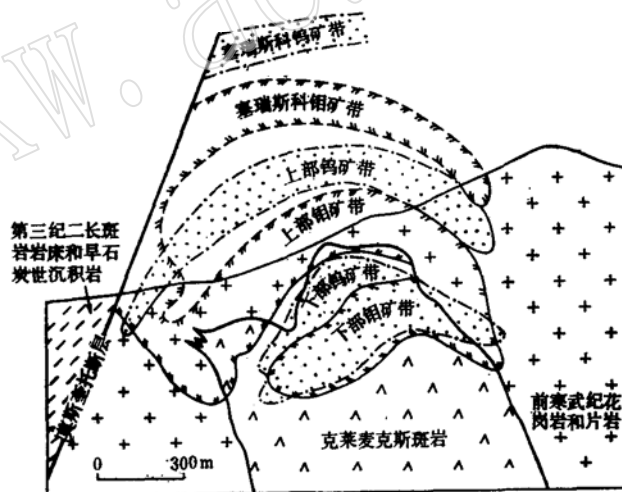


图3 克莱麦克斯斑岩钼矿床多重成矿模式
(据R. Steinger 1984和Wallace等1968资料简编)

Fig. 3 Multiple minerogenetic model of the Climax porphyry molybdenum deposit

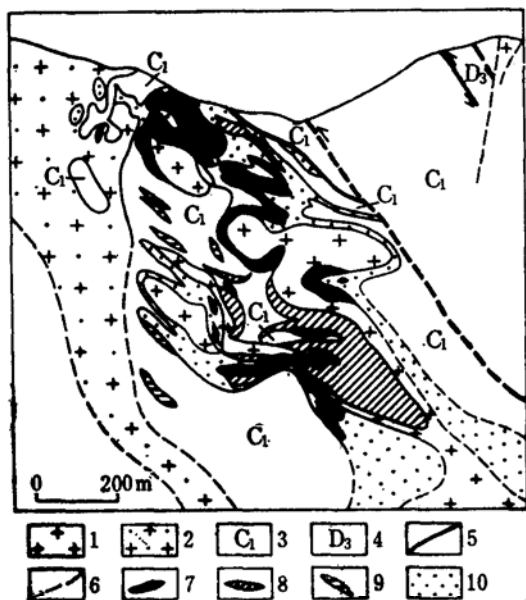


图 4 黄沙坪多金属矿床多重成矿特征示意图
(据邢言绥, 1985资料简化)

Fig. 4 Schematic map showing the multiple mineralization characteristics of the Huangshaping polymetal deposit

1—第一期花岗岩; 2—第二期花岗岩; 3—下石炭统; 4—上泥盆统; 5—断层; 6—推测断层; 7—锡铁矿; 8—钨矿; 9—铅锌矿; 10—砂卡岩

竭。有时, 早期矿化和末期矿化均不显著, 而中期矿化最为强烈。

城门山铜矿的“多位一体”特征一方面反映了成矿系列之间的关系, 表明在同一岩浆—热液机制控制下, 随着矿化堆积环境和条件的变化而堆积了不同类型的矿体或矿石。另一方面, 花岗闪长斑岩及其有关的铜(金)矿化与石英斑岩及其有关的钼(铜)矿化之间存在着

矿质沉淀的最佳构造空间, 因而形成斑岩型矿石特有的细脉浸染构造。

多次矿化可以属于相同源岩的分熔岩浆继承性演化的产物, 也可以属于不同源岩的分熔岩浆继承性演化的产物; 可以属于同一个岩浆房多阶段演化的产物, 也可以属于不同岩浆房继承性演化的产物。因此, 在同一个矿床或矿田中成矿元素组合可能是同源的, 也可能属于异源的。例如湖南黄沙坪多金属矿床, 明显具有两套矿化特征, 一套为铅锌矿化, 另一套为钨锡矿化, 这两套矿化都叠置在高侵位的斑岩体顶部及其邻近围岩, 矿化在垂直方向上, 从上至下有以下变化趋势: 磁铁矿(锡)由富变贫, 钨钼矿由贫变富, 铅含量由高到低, 锌、铜含量逐渐增加(图4)。矿区侵入岩根据岩石化学、微量元素、岩石结构、岩体地质特征等可以认为是岩浆分异末期的高侵位火山—侵入岩相(据邢言绥, 1985)●。因此, 这种典型的“多位一体”特征, 可能是两套岩浆—热液叠置在同一个堆积环境的结果。

多次矿化的强度并非一成不变。有时, 早期矿化强度大, 之后逐渐衰减, 直至热液枯竭。

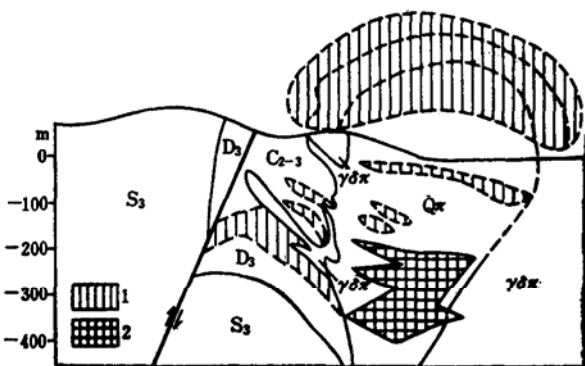


图 5 城门山铜矿多重成矿模型

(据黄恩邦等1980原图改编)

Fig. 5 Multiple mineralized model of Chengmenshan copper deposit

1—铜矿化; 2—钼矿化; S₃—上志留统砂页岩; D₃—上泥盆统五通组砂岩; C₂₋₃—中—上石炭统灰岩、硅化灰岩、砂卡岩等; γδπ—花岗闪长斑岩; Qπ—石英斑岩

较明显的岩类学和成矿元素组合的差异,这种差异究竟是同一源岩分熔—分异岩浆演化造成的,还是不同源岩分熔岩浆演化的产物,已引起不少矿床学家的关注。城门山铜矿的“多位一体”主要表现在:(1)产于花岗闪长斑岩与碳酸盐围岩接触带透镜状矽卡岩型铜矿体,该类型铜约占金属总储量的一半;属于典型的矽卡岩型矿化;(2)位于岩体接触带之外的产于上泥盆统五通组石英砂岩不整合之上和中石炭统黄龙灰岩的层状硫化物型铜矿,该类型铜约占金属总储量的三分之一;(3)产于内接触带紧靠矽卡岩顶底板的花岗闪长斑岩中的细脉浸染状铜(钼)矿,约占金属总储量的四分之一,属干斑岩型矿化;(4)产于岩体中心的石英斑岩体下部的细脉浸染状钼(铜)矿,该类型属于斑岩型钼矿化(图5)^[10]。

四、地质意义

花岗质岩浆的源岩、侵位和矿化的多重性是形成复杂多样的斑岩型、矽卡岩型和其他热液型矿床的重要原因之一。深入研究这种多重性具有广泛的地质意义:

1. 有助于我们从不同的地壳结构、不同的地质背景和不同的大地构造环境解释和阐明斑岩型、矽卡岩型和其他热液型矿床的形成机制。
2. 有助于我们建立更加完善的斑岩型、矽卡岩型和其他热液型矿床的成矿模型和成矿系列,以开阔找矿思路。在同一个矿床或矿田内有可能找到多套矿床或矿体。
3. 有助于我们从多次斑岩岩浆侵位和多次矿化的角度出发,在不同的垂直空间内发现多个层次的各种矿化体。
4. 有助于我们制定更为合理的预测隐伏矿床的准则。

参 考 文 献

- [1] 刘汉等译,Wallace, S.R.著,1981,美国落基山南段多期斑岩钼矿,Pl,地质出版社。
- [2] Burnham, C.W. and Ohmoto, H., 1980, Late-stage processes of felsic magmatism. Mining Geology Special Issue, No. 8, 1—11.
- [3] 马鸿文, 1987, 藏东玉龙斑岩铜矿带岩浆作用的物理化学条件, 现代地质, 第1卷, 第2期。
- [4] 芮宗瑶、黄崇珂、齐国民、徐钰、张洪涛, 1984, 中国斑岩铜(钼)矿床, 地质出版社。
- [5] Chappell, B.W. and White, A.J.R., 1974, Two contrasting granite types, Pacific Geol., Vol. 8, 173—174.
- [6] 徐克勤、孙肅、王德滋、胡受奚、刘英俊、季寿元, 1984, 华南花岗岩成因与成矿, 花岗岩地质和成矿关系, 江苏科学技术出版社。
- [7] Ishihara, S., 1977, The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks, Mining Geol., Vol. 27, 293—305.
- [8] 芮宗瑶等译, 花岗质岩浆及有关矿化作用, Ishihara主编, 1—13, 地质出版社。
- [9] Wallace, S.R., et al., 1968, Multiple intrusion and mineralization at Climax, Colorado, in Ore Deposits of the United States, 1933—1968, ed. John Ridge: AIME, New York, 605—640.
- [10] 江西省地质科学研究所, 1980, 初论与斑岩有关的“多位一体”铜矿床的成因模式, 地质论评, 第26卷, 第3期。
- [11] 朱训、黄崇珂、芮宗瑶、周跃华、朱贤甲、胡淙声、梅占魁, 1983, 德兴斑岩铜矿, 地质出版社。
- [12] 赵子杰、马大铨、涂绍雄、林惠坤、张小豪, 1984, 广东省阳春盆地两类花岗岩的对比及其成因探讨, 花岗岩地质和成矿关系, 江苏科学技术出版社。

On the Multiple Emplacement of the Granitic Magma and the Multiple Minerogenetic Models

Rui Zongyao Zhang Hongtao Li Ning Wang Longsheng

(Institute of Mineral Deposits, CAGS)

Key words: magma emplacement; mineralization; multiple minerogenetic model

Abstract

Many of the porphyry, porphyry-skarn and other hydrothermal ore deposits in China are characterized by the "multi-type". They form deposit series regionally and deposit systems locally. With emphasis on universal significance of the multiple minerogenetic models, this paper points out that the multiplicity of the source rocks, emplacement and mineralization of the granitic magma is one of the important geneses of the complex and various mineral deposits. Thus, it is essential to study emphatically on the multiple minerogenetic models to developing the mineralization theories and extending the train of thoughts of the exploration.

(上接第 161 页)

10 μ in diameter, its chemical composition is close to the theoretical value, its calculated crystallochemical formula is $\text{Ca}_3\text{Al}_{2.043}\text{F}_{8.162}(\text{OH})_{1.947}(\text{SO}_4)_{1.011} \cdot 2.204\text{H}_2\text{O}$, quite similar to its ideal one, its unit cell parameters are $a_0 = 14.123\text{\AA}$, $b_0 = 8.510\text{\AA}$, $c_0 = 9.950\text{\AA}$, $\beta = 94^\circ 54'$, and $V_0 = 1187.063\text{\AA}^3$ and its X-ray powder diffraction data, differential thermal curve and infrared absorption spectra are basically similar to those of other specimens found abroad.

Mineralogical study of gearsutite shows that its crystals are euhedral platy and flaky grains 2–5 μ in diameter, its chemical composition and crystallochemical formula, $\text{CaAl}_{1.032}\text{F}_{4.038}(\text{OH})_{1.058} \cdot 1.094\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaAl}_{1.031}\text{F}_{4.060}(\text{OH})_{1.033} \cdot 1.100\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaAl}_{1.017}\text{F}_{3.977}(\text{OH})_{1.074} \cdot 1.092\text{H}_2\text{O}$, are closer to theoretical value and ideal formula than those of known ones, and its X-ray powder diffraction data and differential thermal curve are also basically similar to those of specimens found in other areas. The infrared absorption spectra of gearsutite have been obtained for the first time by determining specimens from Xikuangshan.