

幔源岩浆矿床主要成矿系列的成矿学研究

——以全国危机矿山矿床为例*

王玉往¹, 王京彬¹, 叶天竺², 吕志成², 韦昌山², 赵财胜²,
廖震¹, 张会琼¹

(1 北京矿产地质研究院, 北京 100012; 2 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100083)

成矿学的研究主要是研究矿床的形成过程, 主要包括 3 个方面: 即“矿源(成矿地质体)—运移过程(成矿机制)—就矿方式”。本文以全国危机矿山为典型矿床, 从这 3 个方面总结研究了与幔源岩浆作用有关矿床的成矿学特征。

中国与幔源岩浆作用有关的矿床主要有 3 个系列: ① 钒钛磁铁矿系列, 与富铁质偏碱性岩浆有关, 起源于原始地幔岩, 成矿深度较深 (>25 km), 可形成层状岩体中的钒钛磁铁矿矿床(大庙、攀枝花、尾亚)—通道相的次火山岩型铁矿(平川矿山梁子、新疆磁海)—喷出相的陆相火山岩铁矿(平川苦荞地); ② 铜镍硫化物系列, 与铁质钙碱性-拉斑玄武岩系列岩浆有关, 起源于富集或亏损地幔岩, 成矿深度较浅 (10~15 km), 常形成通道相铜镍硫化物矿床(红旗岭、喀拉通克)和喷发相的自然铜矿(十里坡、大白岩), 层状矿体(岩体)不发育; ③ 铬铁矿系列, 与拉斑玄武岩系列岩浆有关, 岩浆起源于核幔边界, 对地幔岩部分熔融产生的亏损地幔岩, 成矿深度>32 km, 常形成蛇绿岩残片中的豆荚状铬铁矿(罗布莎、萨尔托海)。

1 矿源特征

三个系列矿床的矿源, 即成矿地质体均为镁铁—超镁铁岩。蛇绿岩型铬铁矿的含矿岩石一般为纯橄榄岩, 其次为方辉橄榄岩; 含矿岩浆来源与上地幔, 罗布莎蛇绿岩可能来源于核幔边界, 一般具有亏损的地幔橄榄岩特征 (ϵ_{Nd} 值一般 >+8), 具有富 Mg 贫 Fe 特征 (m/f 值 >6.5, 常大于 11), 其橄榄石中镁橄榄石分子数 (Fo 值) 较高。钒钛磁铁矿系列的岩石组合为辉橄岩-橄辉长岩-辉长岩-苏长岩-斜长岩, 含矿岩石一般为(橄)辉长岩、苏长岩类, 属于偏碱性富铁质的高钛玄武岩系列, 具有明显的富 Fe 特征; 含矿岩浆来源于亏损或原始地幔。铜镍硫化物系列的岩石组合为橄橄岩、辉橄岩、橄辉长岩、苏长岩、辉长岩、淡色辉长岩类, 含矿岩石一般为辉橄岩和苏长岩, 其次为辉长岩, 属于拉斑玄武岩-钙碱性系列的铁质岩石, 于低钛玄武岩系列有关; 含矿岩浆起源于亏损或富集的上地幔。

三个系列的岩浆源具有明显差异: 铬铁矿系列的岩浆来源较深, 具有的低氧逸度特征; 钒钛磁铁矿系列的岩浆来自地幔柱, 深度较浅, 氧逸度较高; 铜镍硫化物矿床的岩浆主要来自岩石地幔的部分熔融, 深度最浅, 氧逸度较低。作为成矿地质体, 岩石中成矿元素的背景值明显偏高, 铜镍硫化物矿床含矿岩明显富集 Cu、Ni、Co, 钒钛磁铁矿矿床富集 V、Ti 和 Fe, 铬铁矿矿床富集 Cr。岩浆源区富含相应的成矿元素形成相应的成矿地质体是 3 个系列矿床的主要成矿条件。

2 成矿机制

*本文由国家重点基础研究发展规划项目(编号: 2007CB411304 和 2001CB409806)和中国地质调查局危机矿山项目(编号: 200699105)联合资助

铜镍硫化物矿床的成矿机制主要是岩浆熔离作用,其标志主要有斑杂状构造、豆状构造、珠滴状结构、构造等,硫化物的熔离是由于富硫化物的液相和岩浆失去平衡而产生不混熔作用,分离结晶作用、岩浆混合、外来硫的加入和岩浆与富 Si 围岩的同化混染,都是促使硫化物从硅酸盐熔体中熔离的重要原因。在岩浆硫化物矿床中,地壳物质加入或者增加 Si、Fe 的含量和降低 Mg 的含量而降低 S 在岩浆中的溶解度,或者由于 K、Na 的加入使岩浆碱度增加而导致硫的活度增加,从而有利于形成硫化物熔浆。

钒钛磁铁矿矿床的成矿机制主要是分离结晶作用,其明显特点就是形成较大的层状岩体。基性幔源岩浆中虽然含有足够量的 Fe,但绝大部分 Fe 存在于硅酸盐中,要产生足量含 V、Ti 的氧化 Fe,需要有足够的氧与之结合。钒钛磁铁矿矿床的形成可能与含矿岩浆同化围岩中 Mg、Ca 离子有关,因为 Mg、Ca 的加入使之与岩浆中硅酸盐结合形成单斜辉石,从而使大量的 Fe 游离出来,与氧结合形成磁铁矿;还有一种可能是岩浆上升过程中同化了围岩地层中的含 P 层位所致。

铬铁矿的形成曾被认为属晚期岩浆分异形成,矿石中出现大量的条带状、豆状构造特征即是最有利的证据。要形成铬铁矿(FeCr_2O_4)则需要改变其岩浆物理化学条件,研究表明,这类矿床成矿过程中可能存在岩浆同化围岩中的 B、Cl、S 等元素,从而使 Cr_2O_3 与玄武质岩浆之间发生不混熔作用而导致二者分离。

3 就位方式

三类矿床的就位机制基本上都发育二种或二个阶段,即就地熔离(或就地分异)和后期贯入。就地熔离、就地分异的特征如前所述,为含矿岩浆热侵位到成矿深度后原地发生熔离(如铜镍硫化物矿床和铬铁矿的豆状构造)或分异(如钒钛磁铁矿的韵律层状构造)。后期贯入是指在深部熔离或分异形成的富矿浆沿构造薄弱部位上侵形成。由于这类矿体来源较深,粘稠度大,规模也较小,因此能力较小,最易沿早期形成的构造薄弱部位上升,因此常对较早侵位的就地分异、就地熔离矿体形成穿插和胶结。当这种深部矿浆能量较大时,上侵后可就位到围岩中,如大庙的贯入式矿体。铬铁矿的就位方式可能比较复杂,其矿体呈雁行状排列(如罗布莎),暗示其可能与蛇绿岩套在缝合带就位同时形成。

4 不同矿床类型之间具有相互联系

(1) 铜镍硫化物与钒钛磁铁矿矿床相互过渡,二者之间可形成复合型或过渡型矿床,其典型实例是新疆的香山西矿床。这类矿床中铜镍硫化物矿体与钛铁矿体共生,含矿岩石有 2 套(即铜镍系列和钒钛系列),但为同时、同位、甚至同源产物。

(2) 玄武岩自然铜矿床与铜镍硫化物矿床同源,均属于低钛玄武岩系列,玄武岩自然铜矿床为铜镍硫化物矿床的喷出相产物。

(3) 次火山岩型磁铁矿矿床,矿区常伴生钛铁矿化(体),但同时矿石中含有黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿等硫化物,可能属与钒钛磁铁矿系列和铜镍硫化物系列的过渡类型。

(4) 铬铁矿与钒钛磁铁矿之间的联系:层状铬铁矿与钒钛磁铁矿基本共生,属同期不同“层位”分异结晶的韵律层。某些蛇绿岩套的堆积岩建造中也有层状铬铁矿化,如攀西地区的层状岩体除产出具工业价值的钒钛磁铁矿之外,部分层位 Cr 含量较高,局部可达到工业品位。

5 综合成矿模式

与幔源岩浆有关的 3 个系列矿床分别属于地幔岩类不同阶段、不同深度深部熔融、演化,分不同级次上侵和就位的产物。根据矿床之间的关系,建立了与幔源岩浆作用有关的 3 个系列矿床综合模式。