

桂北新元古代铜镍硫化物矿床成矿年代学与地质地球化学特征

周翊^{1,2}, 钟宏¹, 朱维光¹, 柏中杰¹

(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. 中国科学院大学, 北京 100049)

广西北部的区域构造位置位于扬子地块南缘, 江南造山带西段, 区域出露的最古老地层为元古代四堡群及丹洲群, 并出露有新元古代花岗岩及基性-超基性岩体。桂北新元古代铜镍硫化物矿床主要分布于宝坛地区四堡群文通组下段的基性-超基性岩层中。前人对该区铜镍硫化物矿床已进行了初步的研究工作(毛景文等, 2001; 杨振军等, 2010), 但仍缺乏成岩和成矿过程的系统研究以及精确的成矿年代学制约。

本研究主要通过一洞和清明山矿区的坑道、钻孔及附近地表的系统取样, 详细研究其地质地球化学特征及成矿年代学, 探讨桂北铜镍矿床的成矿机制。

1 矿床地质特征与成矿年代学

一洞、清明山铜镍矿床的赋矿岩体由层状-似层状基性-超基性岩石组成, 铜镍硫化物主要以浸染状结构分布在岩体底部的堆晶辉石岩相中, 局部呈块状矿石结构, 而岩体顶部与辉石岩同源的辉长岩相基本不含矿。文中所分析的样品均来自不含硫化物的赋矿辉石岩岩体及其同源的辉长岩。

本文对采自清明山矿区赋矿岩体的岩芯样品 ZK30703 进行了 SIMS 锆石 U-Pb 年龄测试, 结果表明赋矿岩体的结晶年龄为 843.7 ± 7.2 Ma, 代表了宝坛地区岩浆铜镍矿床的成矿年龄。本文的最新定年结果精确地限定了宝坛地区铜镍成矿时代为新元古代中期。

2 地壳混染

在 ϵ Nd(t)值与 $Mg^\#$ 、 SiO_2 及 Th/Nb 相关图解上, 各样品的分布呈现 AFC-FC 趋势, 且 ϵ Nd(t)值变化较大, 暗示宝坛地区基性-超基性岩石形成时遭受了不同程度的地壳混染。在其中一个辉长岩样品中, 镜下观察到石英捕虏体 (~1 mm), 这种不平衡的岩相结构暗示岩浆同化混染围岩不彻底 (Zhao 等, 2010), 且其很可能来自于四堡群中广泛存在的长英质砂岩、粉砂岩组合。进一步的同化混染 AFC 模拟结果显示, 其母岩浆遭受四堡群文通组围岩混染, 程度最高达到~15%。

3 岩浆源区特征

稀土配分模式上, LREE 富集且分异明显, HREE 分异不明显。原始地幔标准化蛛网图上, 均具有明显的 Th 富集以及 Nb-Ta 的负异常, Zr-Hf 异常不明显。上述特点结合 Nd 同位素组成, 均暗示了宝坛地区基性-超基性岩石具有明显的富集特征。

强不相容元素 Th/Nb 值的大小能反映出地幔源区特征以及地壳混染程度 (Condie, 2003)。宝坛地区基性-超基性岩石的 Th/Nb 非常高(0.72~1.02), 无法仅以~15%地壳混染(四堡群文通组 $Th/Nb \approx 1.1$)来解释, 而是反映了源区的高 Th/Nb 特征。而受俯冲流体交代过的岩石圈地幔一般具有高 Th/Nb 特征 (如 Worthing, 2005)。另外, 宝坛地区大多数样品的 Nb/Ta 介于 11.7~16.3, 低于球粒陨石的值 17.6, 也反映地幔源区中有早期消滅的洋壳板片物质或其产生的流/熔体的加入 (如 Stolz 等, 1996)。

综上所述,宝坛地区基性-超基性侵入岩的源区可能为四堡运动期间受俯冲流/熔体交代富集的岩石圈地幔。

4 硫化物熔离成矿作用

$Mg^{\#}$ 与 Al_2O_3 、 SiO_2 、 CaO 等主量元素的二元相关关系,反映了在 $Mg^{\#}>65$ 时以辉石的堆晶作用为主,而在 $Mg^{\#}<65$ 时以长石和/或辉石的结晶分离为主的演化趋势;然而,随 $Mg^{\#}$ 降低, Ni 、 Cu 、 Co 和 S 的含量均在 $Mg^{\#}>65$ 时展现了急剧增加的趋势,并在 $Mg^{\#}<65$ 时陡然降低,说明在以辉石为主的堆晶过程中硫达到了饱和状态,形成了不混溶的硫化物,并发生了硫化物熔离。

在铜镍硫化物成矿过程中,岩浆对围岩的同化混染被认为对促进 S 的饱和起到了重要作用,围岩的贡献主要表现为提供壳源硫和/或加入富硅组分。矿石原位硫同位素特征($\delta^{34}S$ 介于 $0.56\text{‰}\sim 3.11\text{‰}$)暗示壳源硫的加入对硫达到饱和状态的贡献很小。如上所述,与成矿有关的岩浆遭受了四堡群文通组围岩的同化混染($\sim 15\%$)。已有实验研究证实富含 SiO_2 的地壳物质加入基性岩浆时会降低岩浆中 S 的溶解度。综上,我们认为相对于壳源硫的贡献,围岩中富硅组分的加入才是导致宝坛地区基性岩浆中的硫达到饱和,进而发生硫化物熔离形成矿床的关键因素。