

一个潜在的超大型玄武岩型铜镍硫化物矿床地质地球化学特征

——以广西四堡铜镍硫化物矿床为例

杨振军

(中南大学地学与环境工程学院, 湖南 长沙 410083)

广西四堡地区前寒武纪发生多次火山喷发和岩浆侵入活动, 形成了广泛分布的镁铁质侵入岩和玄武岩 (共有岩体 300 多个), 已发现和探明岩浆 Cu-Ni 硫化物矿床 (点) 16 个 (图 1), Cu-Ni 硫化物矿床、镁铁质侵入岩、玄武岩具有相同的地质、地球化学特征, 成矿成岩物质来自同一地幔源区, 成因上、时空分布上有密切的联系, 是国内玄武岩型 Cu-Ni 硫化物矿床的典型代表 (宋叔和等, 1993; 汤中立, 2004)。

1 区域地质概况

广西四堡地区大地构造位置位于扬子地台的东南缘 (周金城等, 2003)。区域上出露地层主要为四堡群和丹洲群 (图 1); 四堡群为浅变质玄武岩、安山质玄武岩、火山碎屑岩、凝灰岩、火山熔岩、层状和似层状镁铁-超镁铁侵入岩、及部分中酸性岩体 (花岗岩等) 组成。丹洲群为一套比较稳定的浅海-半深海相沉积, 岩性由砂岩、粉砂岩和硅质岩组成, 沿四堡群地层周边分布, 与四堡群角度不整合接触。在四堡群和丹洲群周边还有零星分布的泥盆系灰岩和白云岩分布。

2 铜镍硫化物矿床地质特征

四堡地区铜镍硫化物矿体分布在镁铁质侵入岩体底部约 0.5~15 m 范围内橄榄岩或辉石岩相中, 空间展布与镁铁侵入岩的空间展布一致。矿体呈层状、似层状、透镜状, 延长 25~1500 m, 宽 1~13.5 m。

铜镍硫化物矿石有稀疏浸染状矿石, 块状矿石和脉状块矿石 3 种类型, 一般浸染状分布的铜镍矿体镍品位 0.2%~0.5%, 铜 0.10%~0.3%, 钴 0.01%~0.03%; 后期形成的块状、脉状铜镍矿体镍品位较高, 在 1% 以上。矿体的厚度、矿化强度与岩体 (尤其是辉石岩相) 的厚度、规模、岩相分异成正相关。

矿石的结构主要有半自形-自形粒状结构、堆晶结构、海绵陨铁结构和交代结构; 矿石的构造主要有浸染状构造和块状构造。金属矿物以磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿为主, 微量针镍矿、镍辉砷钴矿、钛铁矿、磁铁矿等。主要硫化物磁黄铁矿 (黄铁矿、白铁矿)、镍黄铁矿 (紫硫镍铁矿、针镍矿)、黄铜矿三者含量之比为 1.9:1.4:1。脉石矿物有滑石、透闪石、绿帘石、绿泥石、斜黝帘石及少量的绢云母、石英等。

铜镍硫化物矿床是由镁铁质岩浆就地熔离作用 (形成浸染状矿体) 和深部熔离-贯入作用 (形成块状矿体、脉状矿体) 形成 (宋叔和等, 1993; 汤中立, 2004), 已探明的岩浆 Cu-Ni 硫化物矿床主要有大坡岭、清明山等 16 个。

3 玄武岩、镁铁质侵入岩、铜镍硫化物矿床为同一源区的岩浆形成, 为不同阶段形成的产物

3.1 镁铁质侵入岩、玄武岩的地质特征

镁铁质侵入岩体多以岩墙、岩株的形式出露, 多数近东西走向, 有少数南北走向, 总体倾向南, 倾角 35°~50°; 出露长度 2~5 km, 出露宽度 50~300 m, 出露面积 0.2~1.5 km²; 镁铁质侵入岩多为复式杂岩体, 按岩性可以划分为 5 种岩石类型, ① 橄榄岩→辉石岩→辉长岩→闪长岩, ② 橄榄岩→辉石岩, ③ 橄榄岩, ④ 辉长辉绿岩, ⑤ 闪长岩。矿化主要与第①、②两类岩石类型镁铁质-超镁铁侵入岩体有关, 其他类型的岩体矿化较差。

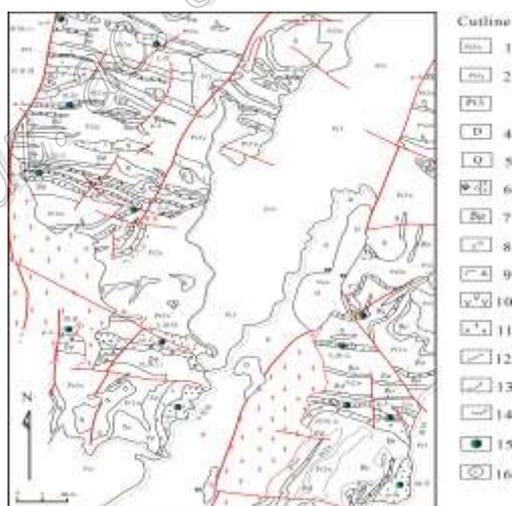


图 1 四堡地区区域地质图

(据区域地质图修编^①)

1, 2—四堡群; 3—丹洲群; 4—泥盆系; 5—第四系; 6—辉石岩; 7—辉长辉绿岩; 8—闪长岩; 9—火山角砾岩; 10—玄武岩; 11—花岗岩; 12—断裂; 13—地质界线; 14—不整合地质界线; 15—铜镍矿床; 16—本文取样位置

四堡地区火山岩主要分布在红岗山、清明山、五地等地,火山活动集中在四堡运动早期,先后有6次大的喷发旋回,以溢流和间隙喷发为主;出露厚度3~655 m;出露长度在1~32 km。火山岩的岩性主要为玄武岩、安山质玄武岩、凝灰岩、火山角砾岩、集块岩、火山熔岩;玄武岩具典型的枕状构造、杏仁状构造、气孔构造。受区域变质作用影响,火山岩多已发生蚀变。

四堡群镁铁质侵入岩与火山岩均分布在四堡群文通组内,两者在时空上相互依存、相伴出现和分布,镁铁质侵入岩有分布在玄武岩下部的,也有侵入玄武岩内部的。受后期构造运动作用,表现出与围岩一同变形和褶皱的特征。

3.2 镁铁质侵入岩、玄武岩的地球化学特征

镁铁质侵入岩 SiO_2 含量 42.68%~54.56%, MgO 含量 6.33%~25.1%, TiO_2 含量 0.33%~0.63%; K_2O 含量为 0.12%~2.54%。玄武岩 SiO_2 含量 50.14%~54.31%, MgO 含量 3.44%~14.3%, TiO_2 含量 0.40%~0.90%; K_2O 含量大部分为 0.03%~0.99%; 表明镁铁质侵入岩与玄武岩的岩石化学成分说明四堡镁铁质侵入岩和玄武岩岩石化学成分丰度和分布特征一致,同属拉斑玄武岩系列,均富 MgO , 贫 TiO_2 、 K_2O 。

镁铁质侵入岩、玄武岩的微量元素在原始地幔标准化蛛网图(图2)反映出大离子亲石元素 K、Rb、Ba、Sr 富集;过渡性元素 Cr 较富集;高场强元素 Th 明显富集, Nb、Ta、P、Ti 为明显亏损特征。镁铁质侵入岩、玄武岩微量元素比值特征一致, $\text{Nb}/\text{U}=3.44\sim 8.17$, $\text{Ta}/\text{Nb}=0.09\sim 0.12$, $\text{Zr}/\text{Hf}=32.4\sim 37.8$, $\text{Zr}/\text{Ba}=0.15\sim 0.48$ 。矿石的高场强元素比值特征与镁铁质侵入岩一致。镁铁质岩的 Nb/U 比值远低于 MORB(47)、球粒陨石和原始地幔(34)(Hofmann, 2003); Ta/Nb 比值也远低于原始地幔 17.4、球粒陨石 17.5 和洋中脊玄武岩 19.44 (Rollinson, 1993; Pearce, 1983); 微量元素分布明显具有岛弧的特征和岩浆上受壳源混染的特点。

镁铁质侵入岩 ΣREE 平均为 $40.95\times 10^{-6}\sim 72.29\times 10^{-6}$, $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 为 1.60~1.97, La_N/Yb_N 为 2.48~3.29, δEu 值为 0.56~1.30。玄武岩, ΣREE 平均为 $25.01\times 10^{-6}\sim 76.98\times 10^{-6}$, $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 为 3.28~6.14, La_N/Yb_N 为 1.23~3.94, δEu 值为 0.79~1.05。浸染状矿石和块状矿石的稀土特征差异很大,浸染状矿石的稀土特征与镁铁质侵入岩、玄武岩一致,说明它们物质来源、成因、形成环境一致。块状矿石的稀土总量很低,仅有 4.53×10^{-6} ,为浸染状矿石的 1/10,轻稀土略富集,重稀土平坦, δEu 为正异常,与地幔岩和洋脊玄武岩特征一致;但其稀土元素的比值特征又与侵入岩一致,说明块状矿石和镁铁质岩体应为同一类岩浆不同演化阶段的产物。

4 结论

镁铁质侵入岩、玄武岩、铜镍硫化物矿石的地质特征、岩石地球化学特征说明镁铁质岩浆来自近陆缘岩石圈部分地幔熔融,有壳物质混染,两者应为同一源区的岩浆形成,为先后不同阶段形成的产物,铜镍硫化物矿床的形成与玄武岩关系密切,应为玄武岩型铜镍硫化物矿床。

四堡地区玄武岩、镁铁质层状侵入岩与近地表基性岩墙(辉绿岩脉)在四堡地区广泛分布,分布面积超过了 1000 km^2 ,已形成了一个大火成岩省(Larger Igneous Provinces, 简称为 LIPs)(Campbell et al., 1990); 大的火成岩省说明岩浆活动规模巨大,有丰富的成矿物质基础,有形成大规模岩浆 Cu-Ni 硫化物矿床的条件(Keays, 1997),如镁国 Duluth Cu-Ni 硫化物矿床,俄罗斯的 Noril'sk Cu-Ni 硫化物矿床,四堡地区资源潜力巨大。

参考文献

- 宋叔和, 汤中立, 任端进, 等. 1993. 中国矿床(上册)[M]. 北京: 北京科学技术出版社.
- 汤中立. 2004. 中国镁铁、超镁铁岩浆矿床成矿系列的聚集与演化[J]. 地学前缘, 1: 113-119.
- 周金城, 王孝磊, 邱检生, 等. 2003. 桂北中-新元古代镁铁-超镁铁岩的岩石地球化学[J]. 岩石学报, 19(1): 9-18.
- Campbell I H and Griffiths R W. 1990. Implications of mantle plume structure for the evolution of flood basalts[J]. Earth Planet. Sci. Lett., 99:79-93.
- Hofmann A W. 2003. Sampling mantle heterogeneity through oceanic basalts: isotopes and trace elements. In: Holland H D, Turekian K k, ed. Treatise on geochemistry [J]. Amsterdam: Elsevier, Vol1, 2: 69-97.
- Keays R R. 1997. Requirements for the formation of giant Ni-Cu-PGE sulfide deposits: The role of magma generation[J]. Transactions of the American Geophysical Union (EOS), 78-99.
- Pearce J A. 1983. Role of the Sub-Continental Lithosphere in Magam Genesis at Active Continental Margins. In: Hawkesworth CJ. And Norry M J, eds. Continental Basalts and Mantle Xenoliths [J]. Nantwich: Shiva, 230-249.
- Rollinson Hugh R. 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Singapore. Longman Publisheres, 352.

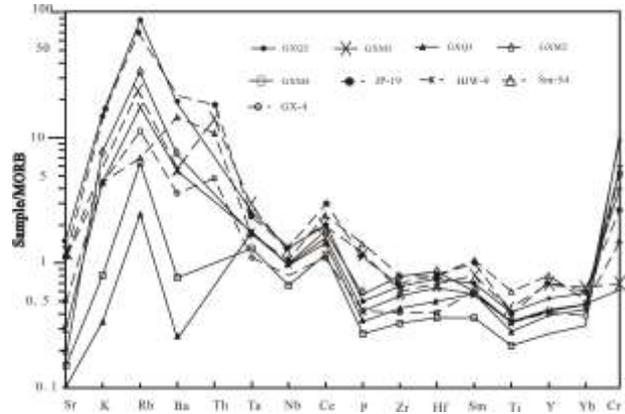


图2 四堡地区镁铁质岩地幔标准化微量元素蛛网图

(据 Pearce et al., 1982)

GXQ2-辉长岩; GXM3-辉绿岩; GXQ3-辉石岩; GXM2-辉石岩; GXM4-橄榄岩; JP-19-安山质玄武岩; HJW-19-安山质玄武岩; GX-4-玄武岩; SM-54-玄武岩