

与二叠系峨眉地幔柱有关的岩浆硫化物成矿作用

宋谢炎¹, 钟宏¹, 胡瑞忠¹, 马润则²

1. 中国科学院 矿床地球化学重点实验室, 贵阳 550002; 2. 成都理工大学 地球科学学院, 成都 610059

如果将西扬子地区古生代以来的大陆增生归结为峨眉地幔柱活动导致的垂向大陆增生和特提斯洋闭合导致的侧向增生的话, 峨眉地幔柱在扬子板块构造演化中的特殊地位显而易见; 同时, 峨眉地幔柱也造就了重要和极具特色的各类矿床。

1 峨眉火成岩省的基本特征

扬子地块西部晚二叠系峨眉山玄武岩、镁铁-超镁铁质侵入岩和正长岩是峨眉地幔柱活动的直接产物。根据峨眉山玄武岩的分布, 该火成岩省的西界为青藏高原东缘金沙江缝合线, 向南延伸到越南北部, 面积超过 $5 \times 10^5 \text{ km}^2$ ^[1]。层状岩体锆石年龄表明峨眉地幔柱的活动介于 258~263 Ma^[2]。

峨眉山玄武岩系厚度、成分, 以及侵入岩规模和岩石组合在空间上的规律性变化, 反映出峨眉火成岩省具有非常典型的同心环状分带和从早期到晚期的岩浆作用演变。大型层状岩体、多数镁铁-超镁铁杂岩体和正长岩分布在火成岩省内带(攀西地区), 外带仅有少量的镁铁-超镁铁杂岩体, 如火成岩省北缘四川丹巴地区和南缘云南金平—越南北部地区。峨眉火成岩省以高钛玄武岩浆活动为主, 而在峨眉火成岩省的内带, 玄武岩系的中下段则出现低钛玄武岩^[3~5]。喷出岩和侵入岩的这种分布特点都反映了地幔柱的时空动力学演化。峨眉山玄武岩的地球化学特征还揭示出地幔柱—岩石圈地幔, 以及玄武岩浆—地壳的物质交换^[6]。

2 峨眉地幔柱 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床的成因类型和分布

峨眉火成岩省的矿床类型较齐全, 分带性明显, 尤其是 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床的成因类型复杂, 特点鲜明, 分带清楚, 是研究地幔柱成矿的理想场所。峨眉火成岩省有三类矿床与地幔柱有直接关系: 大型—超大型钒钛磁铁矿矿床, 岩浆 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床, 玄武岩系内的自然铜矿。钒钛磁铁矿矿床和大部分 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床分布在火成岩省的内带, 反映出成矿效应与地幔柱的时空动力学演化有密切的因果联系。然而, 成矿作

用与地幔柱动力学演化关系还没有受到足够的重视。这大大阻碍了对地幔柱成矿作用规律的深入认识和对该地区找矿工作的指导。由于篇幅限制, 在此探讨岩浆 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床。

据不完全统计, 整个火成岩省有大小 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床 10 余处, 矿点及矿化点星罗棋布, 多分布在峨眉火成岩省的内带, 侵入于元古代—古生代地层中。根据矿床学特点, 将其划分为五类:

(1) 与硫化物熔离作用有关的 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床: 这类矿床仅发现于火成岩省北缘的四川丹巴地区, 代表性矿床是杨柳坪和正字岩窝, 该区还有协作坪、打枪岩窝、石窝棚子等矿床和矿化岩体。这些岩体侵入于古生代地层中。这些含矿的层状镁铁-超镁铁岩体为玄武岩浆的通道, 矿体产于岩体下部。其突出特点是沁染状矿体硫化物含量向下逐渐增加, 透镜状致密块状矿体产于沁染状矿体底部或岩体底板裂隙中, 上覆峨眉山玄武岩有 Pt-Pd 亏损层位, 地球化学特征显示玄武岩与含矿岩体有成因联系^[7,8]。这些特征表明类似于诺里耳斯克矿床的成矿作用。

(2) 含钒钛磁铁矿的层状岩体内的 PGE 硫化物矿床: 这类矿床发育于火成岩省内带, 代表性矿床有四川米易新街矿床和云南元谋安易矿床。新街岩体侵入于峨眉山玄武岩系的下部, 韵律层理发育, 有三个旋回, 每一个旋回由下至上均由橄榄岩、辉石岩和辉长岩构成。主要的钒钛磁铁矿层产于 I、II 旋回的顶部, 旋回 I 至少发育三层 3~5m 厚的 Pt-Pd 富集层, Pt-Pd 富集层的 (Pt + Pd) 含量为 1~3g/t。Pt-Pd 富集层仅含 1% 以下的硫化物, 但同时有富铬铁矿和磁铁矿的薄层, 其氧化物含量为 5%~15%, 最高达 20%。目前的研究表明, Pt-Pd 富集层的形成受新岩浆注入混合和氧化物的结晶作用控制^[9,10]。安易岩体的 Pt-Pd 富集层出现在岩体下部, 平行岩体底界展布。

(3) 与深部熔离作用有关的贯入型镍铜硫化物矿床: 这类矿床数量最大, 分布于四川德昌—会理、

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40373030)

云南元谋,以及南部边缘带的云南金平—越南北部。这类矿床可能是峨眉火成岩省最重要的岩浆硫化物矿床,典型矿床包括会理力马河镍铜硫化物矿床和金平白马寨镍铜硫化物矿床。矿床赋存于小型镁铁-超镁铁杂岩体内,矿床的突出特点是:岩相分布呈多期侵入;矿体常分布在岩体的侧部或中上部,与其它岩相呈不协调的关系而难以用原地分离结晶解释;特别是不规则的块状矿体往往贯入岩体中部(如白马寨矿床)或上部(如会理清水河矿床)。这些特点均说明硫化物的熔离发生在更深部的次级岩浆房,甚至发生过不止一次的硫化物熔离作用。暗示该地区 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床深部找矿有巨大潜力。这类矿床的出现还说明在地幔柱活动整体拉伸环境下,仍有可能出现局部和短暂的挤压应力。

(4) 超镁铁岩床内的贫 Cu-Ni 的层状 PGE 矿床:这类矿床的代表是产于火成岩省内带的云南弥渡金宝山铂钯矿床。金宝山岩床侵入于泥盆系地层中,辉橄岩占岩体的 90%,辉石岩呈夹层分布于岩体的上部。三层 Pt-Pd 矿层产于岩体的中下部,平行岩体底板展布,厚度为 4~16m,(Pt + Pd)平均含量为 0.9~1.66g/t,层内硫化物含量一般小于 3%,但铬铁矿的含量却可高达 9%~20%。Ni 和 Cu 含量很低(分别小于 0.2 和 0.3%),但(Pt + Pd)含量与 Cu 呈正比关系。另外还有一些 Pt-Pd 富集层分布于岩体上部^[11]。这些特征表明,金宝山岩体为岩浆通道,Pt-Pd 矿层的形成与岩浆分离结晶,特别是氧化物的分离结晶作用导致的硫逸度的增加有关。

(5) 与镁铁-超镁铁岩体边缘同化混染作用有关的 PGE 硫化物矿床:这类矿床主要分布在会理—德昌一带,以大槽和杨合武矿床为代表。岩体侵入于元古代变质沉积岩或火山岩内。矿床产于小型镁铁-超镁铁岩体边缘内接触带,岩体一般以橄辉岩、辉橄岩等超镁铁岩为主,边缘相为辉石岩和辉长岩。矿化沿接触带内带展布,特别是沿岩体底板展布,主要产于辉长岩相内。硫化物呈稀疏沁染状分布,以 PGE 硫化物矿化为主,Ni 和 Cu 的矿化范围小和强度弱。(Pt + Pd)品位一般为 0.3~1.0g/t,Ni 品位一般小于 0.5%。PGE 矿化很可能是同化混染的结果。

3 峨眉地幔柱成矿的时空特点

鉴于峨眉火成岩省成矿作用的上述特点和初步认识,我们认为岩浆硫化物成矿作用与地幔柱的动力学时空演化有密切的成因联系:1) 岩浆硫化物成

矿主要发生在火成岩省内带,与钒钛磁铁矿床以及低钛玄武岩的产出区域重叠,也是玄武岩最厚的区域,显示出岩浆硫化物成矿与岩浆活动强度有关;2) 内带的岩浆硫化物成矿可能主要与低钛玄武岩岩浆活动有关,并早于钒钛磁铁矿成矿;3) 岩浆硫化物成矿不仅与低钛玄武岩岩浆有关,也与高钛玄武岩岩浆有关;4) 岩浆硫化物成矿不仅与岩浆分异有关,也与同化混染有关。

参考文献:

- [1] Song X Y, Zhou M F, *et al.* Late Permian rifting of the South China craton caused by the Emeishan mantle plume[J]. *J. Geol. Soc.*, 2004, 161, 773-781.
- [2] Zhou M F, Yang Z X, *et al.* Magmatic Ni-Cu-(PGE) sulfide deposits in China[A]. Cabri L J *ed.* The geology, geochemistry, mineralogy, mineral beneficiation of the Platinum-Group Elements[M]. Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, 2002, 54: 619-636.
- [3] He B, Xu Y G, *et al.* Sedimentary evidence for a rapid crustal doming prior to the eruption of the Emeishan flood basalts[J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2003, 213: 389-403.
- [4] Xiao L, Xu Y G, *et al.* Chemostratigraphic correlation of the Upper Permian lava succession from Yunnan Province, China: Extend of the Emeishan large igneous province[J]. *Inter. Geol. Rev.*, 2003, 45: 753-766.
- [5] Xu Y G, He B, *et al.* Geologic, geochemical, and geophysical consequences of plume involvement in the Emeishan flood-basalt province[J]. *Geology*, 2004, 32: 917-920.
- [6] Song X Y, Zhou M F, *et al.* Geochemical constraints on the mantle source of the upper Permian Emeishan continental flood basalts, southwestern China[J]. *Inter. Geol. Rev.*, 2001, 43: 213-225.
- [7] Song X Y, Zhou M F, *et al.* Genetic relationships between base-metal sulfides and Platinum-group minerals in the Yangliuping Ni-Cu-(PGE) sulfide deposit, SW China[J]. *Can. Mineral.*, 2004, 42: 469-483.
- [8] Song X Y, Zhou M F, *et al.* The Ni-Cu-(PGE) magmatic sulfide deposits in the Yangliuping area within the Permian Emeishan large igneous province, SW China[J]. *Mineral. Deposita*, 2003, 38: 831-843.
- [9] Zhong H, Yao Y, *et al.* Trace-element and Sr-Nd isotopic geochemistry of the PGE-bearing Hongge layered intrusion, southwestern China[J]. *Inter. Geol. Rev.*, 2003, 45: 371-382.
- [10] Zhong H, Yao Y, *et al.* Trace-element and Sr-Nd isotopic geochemistry of the PGE-bearing Xinjie layered intrusion in SW China[J]. *Chem. Geol.*, 2004, 203: 237-252.
- [11] 陶瑛,高振敏,罗泰义,杨竹森,祁敬东,贺英军. 云南金宝山铂钯矿床成矿机制探讨[J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2000, 19(4): 337-339.