

# 川西大陆槽爆破角砾岩型稀土矿床成矿机制研究\*

田世洪<sup>1,2</sup>, 侯增谦<sup>3</sup>, 杨竹森<sup>1</sup>, 谢玉玲<sup>4</sup>, 杨志明<sup>3</sup>, 魏家秀<sup>1</sup>, 袁忠信<sup>1</sup>

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037

3 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 4 北京科技大学土木与环境工程学院, 北京 100083)

川西冕宁—德昌 REE 成矿带是中国最重要的稀土成矿带之一, 长约 270 km, 宽 15 km, 包括牦牛坪超大型 REE 矿床、大陆槽大型 REE 矿床、木落寨中型 REE 矿床和里庄小型 REE 矿床以及一系列矿点和矿化点。前人已根据碳酸岩—正长岩杂岩体的地质和地球化学特征、矿床地质特征、包裹体地球化学以及同位素地球化学与年代学特征, 建立了川西冕宁—德昌 REE 成矿带“三层楼”成矿模型, 并在基础上提出了碰撞造山型 REE 矿床的描述新模型(侯增谦等, 2008; 2009; Hou et al., 2009), 但缺乏对大陆槽爆破角砾岩型稀土矿床的系统研究, 比如, 大陆槽 REE 矿床的岩浆爆破与热液爆破形成机制和控制要素? 角砾岩 REE 矿化机制和成矿过程? 等等。对此, 本文详细探讨了大陆槽稀土矿床的成矿机制。

## 1 地质背景及矿床地质特征

冕宁—德昌 REE 矿带位于印度—亚洲大陆碰撞形成的青藏高原东缘。构造上, 该区是吸纳和调节印度—亚洲大陆碰撞应力应变的构造转换带(侯增谦等, 2006), 先后经历了中生代古特提斯造山作用和喜马拉雅期大规模陆内变形等构造演化, 于新生代卷入印度—亚洲大陆碰撞造山带中。冕宁—德昌 REE 矿带从北到南, 分别为牦牛坪、木落寨、里庄和大陆槽, 均与碱性正长岩和碳酸岩有关。大陆槽稀土矿床是冕宁—德昌 REE 矿带上第二大矿床, 受大陆槽走滑断裂控制。通过大陆槽稀土矿床 NO.1、NO.2 和 NO.3 三个矿体以及矿区外围详细大比例尺地质填图, 发现了与成矿有关的四期爆破, 主要矿石矿物氟碳铈矿一般都出现在第 III 期和第 IV 期。

## 2 胶结物稀土元素、微量元素地球化学特征

通过上述四期胶结物大量的稀土元素、微量元素分析, 研究表明: 四期胶结物的特征均类似, 显示具有共同来源。此外, 将胶结物的稀土元素、微量元素图与碳酸岩、正长岩的分别进行对比, 发现它们均各自相似, 不难得出这四期胶结物可能来源于碳酸岩—正长岩岩浆。

## 3 成矿流体研究

### 3.1 包裹体类型及均一温度、盐度

在四期胶结物中的方解石、萤石、重晶石、石英和氟碳铈矿中发现了熔—液包裹体、富液相包裹体、富 CO<sub>2</sub> 相包裹体、含子矿物多相包裹体。显微测温表明, 四期的均一温度和盐度  $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$  分别为: I 期 530~590℃、14.4%~20.6%, II 期 390~530℃、10.24%~17.52%, III 期 310~430℃、7.45%~13.72%, IV 期 200~310℃、3.55%~8.60%。

\*基金项目: 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基金(200907)、国家自然科学基金青年与面上基金(40603012 和 40973013)、国家杰出青年基金(40425014)、国家重点基础研究发展规划“973”项目(2002CB412600)、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(K0802)、中国地质科学院实验室基金(2009-SYS-06)联合资助

第一作者简介 田世洪, 男, 1973 年生, 博士, 副研究员, 主要从事矿床学和同位素地球化学研究工作, Email: s.h.tian@163.com

### 3.2 包裹体成分

包裹体子矿物镜下鉴定特征为：石盐为淡绿色的立方体，均质；钾盐为无色透明棱角浑圆的粒状；萤石呈长方、菱形透明状。此外，SEM/EDS（扫描电镜/能谱分析）分析表明，子矿物有萤石、氟碳铈矿、重晶石、含铈重晶石、菱铈矿等。激光拉曼探针分析表明，液相主要成分为水（ $H_2O$ ），波数  $2\ 800\sim 3\ 800\ m^{-1}$ ；气相多呈黑色，主要成分为  $CO_2$ ，波数  $1\ 380\ m^{-1}$ ，还有  $H_2O$  和少量  $CH_4$ 。

### 3.3 H-O 同位素组成

I、II、III期胶结物中的方解石、石英的 H、O 同位素研究表明，从早到晚，成矿流体显示早期为岩浆水，随着成矿作用进行，晚期有天水加入。

## 4 大陆槽稀土矿床成矿机理研究

综上所述，并结合以前资料，提出如下大陆槽稀土矿床成矿过程：

碰撞造山过程中的大陆板片俯冲引起地壳缩短和加厚，并诱发大规模走滑断裂。曾经遭受古洋壳板片流体交代和地壳物质深俯冲及循环而成的富集地幔，在软流圈构造—热侵蚀以及小股熔融体的注入作用下，发生部分熔融。从相对固定的幔源岩浆“热点”上分凝出的富  $CO_2$  硅酸盐岩浆沿雅砻江左旋走滑断裂的右侧板片从南至北滑移（相对于左侧板片），并在浅部次级断裂（如哈哈断裂、大陆槽断裂）侵位形成一系列相对孤立的岩浆房，并发生岩浆不混溶作用，产生碳酸岩岩浆和正长岩岩浆（田世洪等，2008）。

不混溶碳酸岩—正长岩岩浆在转换张扭变形机制下侵位，当侵入到地壳浅处时（一般  $<3\ km$ ）时，由于压力减小、温度降低，岩浆冷凝结晶、分异，熔体中的含水量逐渐增多，并达到饱和，此后熔体的进一步冷却与结晶，将使残余熔体发生“二次沸腾”，致使熔体体积膨胀，流体、气体向岩体顶部汇集，内压增大，在局部封闭条件下，气液流体的内压力大于围岩的抗张强度和岩石静压力时，隐爆作用发生，使熔体顶部围岩震碎、塌陷，形成角砾和通道。熔浆在上升过程中裹挟并胶结因震碎作用解体的围岩碎屑和晶屑，形成上部以围岩角砾成分为主的围岩角砾岩；中部出现复成分角砾岩，也可以称为过渡带，既有围岩角砾，又有花岗质角砾；下部产出角砾和胶结物成分相同的同成分角砾岩。在成岩的同时或稍晚，含矿热液沿着隐爆角砾岩中与之平行的断裂构造运移，因温度下降，压力释放而在成矿有利部位产生相分离及络合物溶解度降低，从而导致矿质沉淀，并且胶结角砾岩，形成含矿岩体，同时又形成一个局部封闭的环境。当深部流体不断积累，压力不断增大，将再次发生隐爆和坍塌，形成多个矿化蚀变阶段。正如氢氧同位素数据所表明的一样，在流体沸腾之后，可能来源于雨水的外来流体加入到热液系统之中。正岩浆流体与雨水的混合作用可能发生在  $100\sim 200\ ^\circ C$  之间，并导致细粒石英和少量极细粒氟碳铈矿迅速沉淀，以浸染状分布于角砾状矿石的基质中。随着温度的不断降低，这种流体的继续混合形成细粒氟碳铈矿+重晶石+方解石矿物组合。在晚期阶段，稀土成矿作用之后发生硫化物、自然金属矿物和铁-锰氧化物的沉淀。最终形成爆破角砾岩型稀土矿床。

因此，角砾岩体的隐爆、流体减压沸腾及古大气水的混入是大陆槽爆破角砾岩型稀土矿床成矿的主要机制。

### 参考文献

- 侯增谦, 潘桂棠, 王安建, 莫宣学, 田世洪, 孙晓明, 丁林, 王二七, 高永丰, 谢玉玲, 曾普胜, 秦克章, 许继峰, 曲晓明, 杨志明, 杨竹森, 费红彩, 孟祥金, 李振清. 2006. 青藏高原碰撞造山带: II. 晚碰撞转换成矿作用[J]. 矿床地质, 25(5): 521~543.
- 侯增谦, 田世洪, 谢玉玲, 袁忠信, 杨竹森, 杨志明, 尹淑苹, 费红彩, 邹天人, 李小渝. 2008. 川西冕宁-德昌喜马拉雅期稀土成矿带: 矿床地质特征与区域成矿模型[J]. 矿床地质, 27(2): 145~176.
- 侯增谦, 王二七, 莫宣学, 丁林, 潘桂棠, 张中杰, 李光明<sup>等</sup>, 秦克章, 徐义刚, 王安建, 曲晓明, 余宏全, 孙晓明, 许继峰, 赵志丹, 杨志明, 江思宏, 张洪瑞, 杨竹森, 田世洪, 宋玉财, 李光明<sup>等</sup>, 王瑜, 徐文艺, 姜耀辉, 孟祥金, 李振清, 董方浏, 王立全, 高永丰, 吕庆田, 杨岳清, 徐兴旺, 赵元艺, 边千韬, 谢国刚, 王宗起, 聂凤军, 唐菊兴, 郑有业, 闫全人, 薛春纪. 2009. 青藏高原碰撞造山与成矿作用[M]. 北京: 地质出版社. 1~980.
- 田世洪, 侯增谦, 杨竹森, 陈文, 杨志明, 袁忠信, 谢玉玲, 费红彩, 尹淑苹, 刘英超, 李政, 李小渝. 2008. 川西冕宁-德昌稀土成矿带成矿年代学研究: 热液系统维系时限和构造控矿模型约束[J]. 矿床地质, 27(2): 177~187.
- Hou Z Q, Tian S H, Xie Y L, Yang Z S, Yuan Z X, Yin S P, Yi L S, Fei C, Zou T R, Bai G and Li X Y. 2009. The Himalayan Mianning-Dechang REE belt associated with carbonatite-alkalic complex in the eastern Indo-Asian collision zone, SW China[J]. Ore Geology Reviews, 36: 65~89.