

西藏第四纪铯矿类型及其成矿特征*

赵元艺¹, 赵希涛², 李振清¹, 李波涛³

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;

3 中国地质大学, 北京 100083)

西藏高原泉水最大的特色是富含铯, 该特色有其特殊的地质地球化学背景。根据泉水活动所形成的铯矿铯的存在状态不同, 可以划分为硅华型铯矿与盐湖型铯矿两种类型。硅华型铯矿又可分为 2 种成矿作用, 即搭格架型与谷露型, 搭格架型以热水成矿作用为主, 以生物作用为辅; 谷露型以生物作用为主, 以热水作用为辅。因此, 搭格架型又可称为热水(生物)作用型, 而谷露型又可称为生物(热水)作用型。属于搭格架型的铯矿床目前仅发现搭格架一处, 属于谷露型的铯矿床有谷露、布雄朗古两处。属于盐湖型铯矿床有扎布耶等盐湖。笔者对西藏第四纪泉水活动与铯的成矿效应进行了系统研究(赵元艺等, 2010), 本文摘要报道其主要成矿特征。

1 硅华型

搭格架型 搭格架泉华形成于 5 个阶段, 第一阶段形成年龄为 403~202 ka BP; 第二阶段形成年龄为 99 ka BP; 第三阶段形成年龄为 39~25 ka BP; 第四阶段形成年龄为 17~4 ka BP; 第五阶段形成年龄为现代。在成矿早期, 矿石中存在大量的石英, 晚期均为蛋白石。粒状蛋白石自早到晚均有出现, 胶状蛋白石主要出现于晚期。早期矿石出现脱水造成的菜花状、粗粒块状与粗大孔隙状构造及溶蚀结构。晚期出现细粒块状与细小孔隙状构造。在第 3 阶段存在硅藻 *Denticula* 属, 体现出低温阶段的特征。由早到晚, 矿石的 SiO_2 呈降低趋势, 而 $\sum(\text{Na}_2\text{O}+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO})$ 与 Cs_2O 呈升高趋势, 是随着矿石中 SiO_2 有序度的降低而其他成分被保留在晶格中所致。矿区以 $\text{CO}_3^{2-}\text{-Na}$ 型水体 ($\text{pH}=8.5$) 为主, 但也出现 $\text{SO}_4^{2-}\text{-Na}$ 型水体 ($\text{pH}=4.0$)。 $\text{CO}_3^{2-}\text{-Na}$ 型水中 $w(\text{Cs}^+)$ 为 $6\ 626\times 10^{-9}\sim 7\ 395\times 10^{-9}$; $\text{SO}_4^{2-}\text{-Na}$ 型水中 $w(\text{Cs}^+)$ 含量为 $1\ 422\times 10^{-9}$ 。硅华 $w(\text{SiO}_2)$ 为 80.01%~91.8%, $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为 0.03%~8.14%。硅华的 Fe-Mn-Al 等地球化学图解综合反映出以热水成因为主, 但有生物成因的复合特点。该矿床的主成矿阶段成矿物质以热水提供为主。泉华的 Si 同位素显示为典型的热液沉积成因, O、C、Sr、Nd 同位素显示物质来源为壳源。

谷露型 谷露矿区硅华分布于南、北两区共 5 套。这 5 套硅华的形成划分为 5 个阶段: 第 1 阶段为 0.5~0.4 Ma BP 之间的大间冰期早中期; 第 2 阶段为 0.38~0.25 Ma BP, 相当于大间冰期晚期至爬然冰期早期; 第 3 阶段为 0.22 Ma BP 前后的爬然冰期早期; 第 4 阶段为 108.6~17.2 ka BP 的晚更新世的末次间冰期晚期至拉曲冰期; 第 5 阶段为 5.3 ka BP 的全新世中期以来。谷露地区早期硅华的构造类型有粗大孔隙状或蜂窝状构造, 角砾状构造, 碎裂叶片状构造, 细小孔隙状构造等; 晚期出现致密块状构造与鲕状构造等。早期结构类型主要有粒状结构, 粒状与胶状共存结构; 晚期出现胶状结构。硅藻生物结构在早期与晚期均有出现, 线状或丝状生物结构主要出现于早期。条状生物结构、溶蚀结构、长方体状结构与被膜状结构主要出现与晚期。球状结构与管状结构主要出现于早期。孔隙状结构是硅华脱水所造成, 致密块状与鲕状构造的出现代表的硅华形成初期的特点。早期出现含方石英的粒状及粒状与胶状结构; 晚期出现胶状结构, 同样代表了形成初期结构的变化特点。硅华的主要矿物为蛋白石, 但不同的形成阶段蛋白石的种类不同, 第 2 与第 3 阶段均为 CT 蛋白石与石英, 而在第 4 与第 5 阶段仅出现 A 蛋白石, 没有 CT 蛋白石。蛋白石矿物中的 SiO_2 最高达 97.48%; $\sum(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})$ 最高达到 3.2%; 而 $w(\text{Cs}_2\text{O})$ 最高可达 3.57%。随着时间由早到晚的变化, SiO_2 呈现出明显的降低趋势, 而铯含量则呈升高趋势。谷露硅华不同阶段的样品在 Fe-Mn-Al 图解中的位置不同, 多数样品位于生物沉积物区, 硅华的稀土元素含量均比北美页岩的低, Cr、Zr 的与 Th、

*本文为国土资源部百人计划项目(2006 年度)、国家自然科学基金项目(40672066、40302028)、中国地质科学院矿产资源研究所中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(K0809)和科技部 973 项目 2002CB412606 课题联合资助成果

第一作者简介 赵元艺, 男, 1966 年生, 研究员, 从事矿床学与地球化学研究, Email: yuanyizhao2@sina.com

U 含量均相对较低。由早期到晚期, $\delta^{30}\text{Si}$ 呈由高到低、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 由低到高的变化趋势。硅华 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 与 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 均体现出生物作用的特点, 谷露矿床是在深源(至少是下地壳)地质作用下以生物作用为主、热水作用为辅所形成。

布雄朗古地区由布雄朗古、撒嘎朗嘎和巴布的密、日诺 4 个地热显示区组成, 在该地区的雄曲支谷底与不同高度的河流阶地上均有钙华或钙硅华分布。布雄朗古、撒嘎朗嘎和巴布的密为钙硅华分布区, 日诺为钙华显示区。撒嘎朗嘎泉华的形成时代为 70.5~24.5 ka, 巴布的密泉华的形成时代为 4.8~24.9 ka, 布雄朗古泉华的形成时代为 51.9~35.9 ka。钙华的组构类型有层状构造、蜂窝状构造、块状构造、球状构造、角砾状构造、皮壳状构造等。结构类型有纹层状结构、胶状结构、粒状结构、针状结构、包裹状结构、溶蚀结构、空心状结构、生物结构等。布雄朗古钙华中的矿物主要有文石、方解石, 其中文石主要呈针状, 长度约为 10~50 μm , 多数为 20~50 μm , 方解石主要呈刺状, 长度约 20~30 μm 。撒嘎朗嘎钙华的矿物主要为文石与方解石, 文石呈针状、方解石呈粒状。巴布的密的钙华呈片状。日诺钙华的矿物为粒状方解石。硅华的矿物主要为蛋白石与玉髓。撒嘎朗嘎、巴布的密与日诺钙华的 ΣREE 均较小, 平均为 $2.41\times 10^{-6}\sim 10.84\times 10^{-6}$; $\text{La}_{\text{页岩}}/\text{Ce}_{\text{页岩}}$ 也较小, 为 1.19~1.44; δEu 均为较大的正异常, 而 δCe 主要为负异常。布雄朗古分布于不同阶地的泉华的 ΣREE 的平均值变化范围较大, 为 $22.95\times 10^{-6}\sim 81.36\times 10^{-6}$, 而 $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 的平均值变化范围为 5.51~12.77。 $\text{La}_{\text{页岩}}/\text{Ce}_{\text{页岩}}$ 的平均值为 1.08~1.30, δEu 的平均值变化范围为 1.16~1.71, δCe 的平均值变化范围为 0.84~0.96。布雄朗古地区钙华的 $w(\text{Cs})$ 为 $5.88\times 10^{-6}\sim 39.4\times 10^{-6}$, $w(\text{Li})$ 为 $4.87\times 10^{-6}\sim 36.6\times 10^{-6}$ 。总体看类, 巴布的密与日诺钙华的 Cs 含量较扎布耶的钙华低, 但是撒嘎朗嘎与布雄朗古的硅华的 Cs 含量较高。而所有泉华的 Li 含量均扎布耶为低。布雄朗古泉水活动区的硅华的 $\delta^{30}\text{Si}_{\text{NBS-28}}=-1.2\text{‰}\sim -0.1\text{‰}$, 位于典型硅华的 $\delta^{30}\text{Si}_{\text{NBS-28}}$ 范围之内。部分样品的 $\delta^{30}\text{Si}_{\text{NBS-28}}$ 为较最高, 为硅藻等生物对 $\delta^{30}\text{Si}$ 的分馏性所造成。硅华的氧同位素 $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}=16.7\text{‰}\sim 22.2\text{‰}$, 其与谷露地区硅华的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ 基本一致。

2 盐湖型

扎布耶钙华岛的钙华共分为 3 套, 形成于 3 个阶段。第 1 套与第 2 套均已停止活动, 但是第 3 套至今还在活动。3 套钙华呈台地与柱状产出, 其中第 1 套与第 2 套钙华的上部呈柱状, 下部呈不明显的台阶状, 而第 3 套呈现明显的台阶状。钙华的构造类型有层状构造、蜂窝状构造、鲕粒状构造、块状构造等。结构类型有针状结构、包裹状结构、溶蚀结构、生物结构等。3 套钙华的 CaO 基本一致, 平均值为 49.49%~51.16%。钙华的稀土元素配分模式基本相似, 均为重稀土富集型。钙华 Cs 的平均值 (10^{-6}) 出现 4.54→6.68→5.34 的变化, 而 Li 的平均值 (10^{-6}) 出现 109.9→116.5→136.9 的升高变化趋势。其成矿模式为, 当泉水由地下渗出至地表后, 由于压力的减小, 首先泉水放出所含的 CO_2 气体, 当泉水与湖水相遇后由于泉水 pH 值快速升高, 使碳酸钙的溶解度变小, 使碳酸钙发生沉淀而形成钙华。扎布耶盐湖的 Li、Cs、B 等组分的源区是深部的重熔岩浆, 泉水为携带成矿物质的载体。其中所含的铯锂等元素一部分保存在钙化中, 另一部分随泉水汇入盐湖中, 由于盐湖的持续蒸发, 使湖中的稀碱金属元素含量增高, 形成盐湖型铯矿。

3 结 论

西藏铯矿的形成成为印度与亚洲板块碰撞挤压过程所导致的壳内熔融层及其中所富含的铯被泉水带至一定部位所致。西藏第四纪铯矿为硅华型与盐湖型两种, 硅华型分搭格架型与谷露型, 搭格架型以热水成矿作用为主, 以生物作用为辅; 谷露型以生物作用为主, 以热水作用为辅。属于搭格架型的铯矿床目前仅发现搭格架一处, 属于谷露型的铯矿床有谷露、布雄朗古两处。属于盐湖型铯矿床有扎布耶等盐湖, 其泉水中所含的铯锂等元素少量保存在钙化中, 主要随泉水汇入盐湖中, 由于盐湖的持续蒸发, 使湖中的稀碱金属元素含量增高, 形成盐湖型铯矿。

参 考 文 献

赵元艺, 赵希涛, 李振清, 李波涛. 2010. 西藏第四纪泉水活动与铯的成矿效应[M]. 北京: 地质出版社. 1-198.