

## 临沧超大型锗矿床热水沉积成因的厘定\*

Affirm of Hydrothermal Sedimentary Genesis of Lincang  
Superlarge Germanium Deposit, Western Yunnan

戚华文 胡瑞忠 苏文超 漆亮

(中国科学院矿床地球化学开放研究实验室, 贵州 贵阳 550002)

Qi Huawen<sup>1,2</sup>, Hu Ruizhong<sup>1</sup>, Su Wenchao<sup>1</sup> and Qi Liang<sup>1</sup>(1 Open Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002,  
Guizho, China; 2 Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**摘要** 以临沧超大型锗矿床不同含煤段中褐煤、第一含煤段中的层状硅质岩、薄层含碳硅质灰岩为研究对象, 在调查清楚临沧锗矿床中褐煤、层状硅质岩与基底的二云母花岗岩关系的基础上, 初步探讨了临沧超大型锗矿床的成因。研究结果表明: 临沧锗矿床第二含煤段( $N_{1b}^4$ )的无矿煤形成于正常沉积的泥炭沼泽相环境, 第一含煤段含矿煤( $N_{1b}^2$ )形成于快速沉降的泥炭沼泽环境, 含矿煤遭受了热水作用的影响;  $N_{1b}^2$ 中的层状硅质岩和薄层含碳硅质灰岩属热水沉积成因; 煤中锗来自于基底的二云母花岗岩, 主要由形成矿化煤层中的层状硅质岩和含碳硅质灰岩的热水溶液带入。

**关键词** 褐煤 硅质岩 含碳硅质灰岩 热水沉积 临沧锗矿床

临沧锗矿床产在滇西临沧县境内的帮卖含煤碎屑岩盆地中, 是我国近年发现的具有独立开采价值、且接近超大型矿床规模的锗矿床。该矿床自发现以来, 国内已有部分学者对其进行过研究(张淑苓等, 1987; 胡瑞忠等, 1996; 庄汉平等, 1998; 卢家烂等, 2000)。以往的研究重点主要侧重于临沧锗矿床的矿床地质特征、锗的分布规律和赋存状态等方面, 对锗超常富集机理的研究则显得相对薄弱。已有研究表明, 锗主要以有机结合态(张淑苓等, 1987; 庄汉平等, 1998)赋存在靠近盆地基底的、第一含煤段( $N_{1b}^2$ )的褐煤中。资料对比表明, 含锗煤的特征、锗在煤中的分布及存在形式与世界上其他地区的含锗煤基本相似(胡瑞忠, 1996)。因此, 如果仅局限于对含矿煤本身的研究, 则很难揭示临沧锗矿床煤中锗成矿的特殊性, 也无法合理解释为什么帮卖盆地上部的 $N_{1b}^4$ 和 $N_{1b}^6$ 煤层中并无锗的矿化。目前在 $N_{1b}^2$ 中已发现热水沉积成因的硅质岩(胡瑞忠等, 1996)和含碳硅质灰岩(戚华文等, 2002)。深入研究和对比不同含煤段褐煤的地质地球化学特征, 查明热水沉积与锗成矿的关系, 成为揭示临沧锗矿床成矿机理的关键所在。

## 1 不同含煤段褐煤的地质地球化学特征

$N_{1b}^2$ 含矿煤的无机矿物组成以黄铁矿、石英为主, 而 $N_{1b}^4$ 无矿煤的无机矿物组成以黄铁矿为主。含矿煤中无机矿物的成熟度自煤层底部向顶部逐渐降低, 表明其形成于快速沉降的泥炭沼泽环境。含矿煤的 $R_{0, \max}$ (平均 0.54)比无矿煤 $R_{0, \max}$ (0.48)略高一些。 $N_{1b}^4$ 无矿煤最明显的特征是富As、Co, 贫Ge。与无矿煤相比, 含矿煤相对亏损Co、As, 明显富集Ge、Nb, 其余微量元素(如Li、Sb、W、Bi和U等)也均有不同程度富集。含矿煤中Ge、Nb呈明显的正相关, Nb可作为锗矿化的指示元素。相对于帮卖盆地基底二云母花岗岩的微量元素组成, 除Co、Ga、Ge等微量元素变化较大外, 临沧锗矿区含矿煤、无矿煤、硅质岩及花岗碎屑岩微量元素的总体变化特征与基底二云母花岗岩类似, 它们继承了二云母花岗岩相对富集As、Sb、W、Tl、Cs和U等背景值, 说明含矿煤、无矿煤、硅质岩及花岗碎屑岩的大多数微量元素主要来

\*基金项目: 国家杰出青年基金项目(49925309)、国家重点基础研究发展规划项目(G1999043210)

第一作者简介 戚华文, 男, 1973年生, 博士研究生, 矿床地球化学。

自基底的二云母花岗岩。

$N_1b^4$ 无矿煤的稀土元素的北美页岩标准化模式呈平坦状。 $N_1b^2$ 含矿煤的稀土元素分配模式与锆含量密切相关，低锆煤与无矿煤的稀土元素北美页岩标准化分配模式相似，近似一平坦状直线，随着锆含量的增加，富锆煤的稀土元素分配模式发生改变，逐渐变成向左倾斜的直线，相对富集HREE。已有研究表明，正常沉积的褐煤（如广西稔子坪晚第三纪的褐煤）中稀土元素北美页岩标准化模式呈近水平直线，热液作用过的煤中稀土元素向富集HREE的方向演化。临沧锆矿 $N_1b^4$ 无矿煤REE北美页岩标准化分配模式呈平坦状，表明属正常沉积产物。含矿煤稀土元素的北美页岩标准化模式表明 $N_1b^2$ 含矿煤经受了热水作用的影响。

## 2 热水沉积岩的地质地球化学

硅质岩为灰黑色，致密块状，呈层状、透镜状产出，厚度约 10~60 cm，以夹层或煤层顶板的形式，不稳定地分布在中寨锆矿体中。显微镜下观察发现，硅质岩的主体为粒状镶嵌结构（明显区别于沉积碎屑石英），局部可见环带状构造或放射状石英充填构造。环带状构造的边部由具同心层纹的放射状石英（玉髓）组成，正交偏光下呈十字状消光，中部石英结晶完好，呈颗粒状。十分类似于陈先沛等（1988）提出的乳房状构造核部石英的特征，属热水沉积的特征构造，可作为热水沉积的主要岩石学特征。在硅质岩中还发现大量碳质体和植物化石（碎片）。含碳硅质灰岩主要分布在中寨 $N_1b^2$ 主矿化煤层的顶板附近，有时与下覆层状硅质岩共同构成矿化煤层的顶板，在缺乏硅质岩的地段则单独构成矿化煤层的顶板。含碳硅质灰岩一般为浅褐色，具层纹状构造，泥晶或内碎屑结构，比重较轻，质地疏松，有时可见燧石结核。显微镜下发现局部充填有放射状石英。

硅质岩化学成分以 $SiO_2$ 为主，含量 $w(SiO_2)$ 为 84.31%~97.60%，平均 92.77%； $TiO_2$ 和 $Al_2O_3$ 的平均含量分别为 0.01%和 0.02%； $Al/(Al+Fe+Mn)$ 为 0.002~0.021，平均 0.011。含碳硅质灰岩的化学组成以 $CaO$ 、 $CO_2$ 为主， $CaO+CO_2$ 含量为 79.47~90.12%； $Al/(Al+Mn+Fe)$ 为 0.003~0.029，平均 0.015。在沉积物的Al-Fe-Mn三角判别图解（Rona, 1984）中，临沧锆矿床中的硅质岩和含碳硅质灰岩均落在热水沉积物区中富Fe端元及Fe-Mn底线的区域。与地壳克拉克值相比，硅质岩和含碳硅质灰岩中明显富集的元素有Ge、Sb、As、Cs、U、Cd和W。这套富集元素组合与陆相热水沉积物的富集元素组合（王江海等，1998）类似。临沧硅质岩、含碳硅质灰岩中Co/Ni比值均小于1，U/Th比值均大于1。在沉积物的U-Th图解（Rona, 1984）中，临沧锆矿床中的硅质岩投点主要落在Amphitrite热水沉积物区，临沧含碳硅质灰岩主要落入Langban热水沉积物区。硅质岩和含碳硅质灰岩的稀土元素总量很低（ $<4.252 \times 10^{-6}$ ）；稀土元素北美页岩标准化模式向左倾斜，HREE相对富集；Ce异常不明显（或无异常）。硅质岩的 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 变化范围为 10.9‰~15.7‰，平均值 13.5‰，与热泉硅华中的 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 值为 12.2‰~23.6‰（Clayton, 1986）比较接近；含碳硅质灰岩碳、氧同位素分析结果表明， $\delta^{13}C_{PDB}$ 为 6.1‰~6.9‰， $\delta^{18}O_{SMOW}$ 为 18.0‰~18.7‰，与龙门山现代温泉水及钙华的碳、氧同位素组成比较接近。

## 3 热水沉积与锆成矿的关系

前人对临沧锆矿床的研究表明，临沧锆矿的锆源与盆地西源的二云母花岗岩有关，但对锆进入成煤盆地的方式争论较大，可以概括为成煤植物吸收锆（张淑苓等，1987）、花岗岩风化带入（庄汉平等，1998；卢家烂等，2000）和热水活动带入（胡瑞忠等，1996）三种观点。后来的研究表明，过量的锆会抑制植物的生长，甚至产生毒害作用（Bernstein, 1985）；植物富集对锆矿化的贡献应小于4%（卢家烂等，2000）。花岗岩风化带入的观点，也无法合理地解释在近似相同的陆源输入背景下，为什么锆主要富集在含有热水沉积岩的 $N_1b^2$ 中，而在上部缺乏热水沉积岩的 $N_1b^4$ 和 $N_1b^6$ 中并无锆的矿化。

硅质岩中存在大量植物化石和生物沉积结构，表明以硅质岩和含碳硅质灰岩为标志的热水活动与第一含煤段（ $N_1b^2$ ）的煤层形成的时间大致相同。层状硅质岩中含锆 $(5.552 \sim 355.752) \times 10^{-6}$ ，平均 $78.374 \times 10^{-6}$ ；薄层含碳硅质灰岩中的锆含量为 $(40.488 \sim 93.784) \times 10^{-6}$ ，平均 $66.698 \times 10^{-6}$ ，分别是地壳克拉克值的 49 倍和 41 倍，表明形成硅质岩和含碳硅质灰岩的热水确实携带了大量锆。硅质岩作为中寨锆矿体

的顶板或夹层,在空间上与锆矿体紧密接触;靠近热水成因硅质岩附近的煤中,锆含量急剧升高。当富硅、富锆热水进入成煤盆地时,由于锆具有强烈富集在有机质中的倾向,锆将被煤中的腐殖酸等吸附而转入煤层,并在煤中发生富集、矿化。与此同时,也必将引起含矿煤的微量元素、稀土元素组成及 $R_{0,max}$ 等发生改变,而热水溶液中有机亲合性小的元素(例如Si)残留下来,形成热水沉积的标志物。与 $N_1b^4$ 含煤段中的无矿煤相比,临沧锆矿 $N_1b^2$ 含煤段中的含矿煤的特征微量元素比值(尤其是U/Th、Nb/Ta和Ga/Ge)与硅质岩更为接近,无矿煤的微量元素特征比值与花岗碎屑岩比较接近。低锆煤( $<100 \times 10^{-6}$ )、无矿煤的稀土元素球粒陨石标准化分配模式与基底二云母花岗岩的稀土分配模式相似,表明它们的稀土元素主要来自于基底的二云母花岗岩;高锆煤( $>1000 \times 10^{-6}$ )的稀土元素分配模式与热水成因硅质岩的稀土分布模式相似(图1)。 $N_1b^2$ 含矿煤的 $R_{0,max}$ 平均值高于 $N_1b^4$ 无矿煤。这些事实表明,高锆煤在与无矿煤、低锆煤具类似的物源的基础上,又叠加了热水所带来的微量元素(包括REE、锆等)。

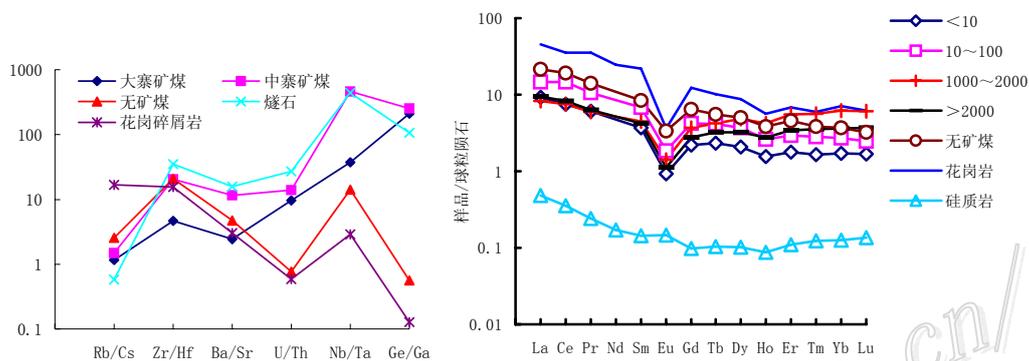


图1 临沧锆矿不同类型岩石微量元素比值及球粒陨石标准化稀土元素型式

## 4 结 语

通过对临沧锆矿床中不同含煤段的褐煤、硅质岩和含碳硅质灰岩的地质地球化学的研究,初步探讨了临沧超大型锆矿床的成因。研究表明:临沧锆矿床第二含煤段( $N_1b^4$ )的无矿煤形成于正常沉积的泥炭沼泽相环境;第一含煤段( $N_1b^2$ )的含矿煤形成于快速沉降的泥炭沼泽环境,含矿煤遭受了热水作用的影响; $N_1b^2$ 中的层状硅质岩和薄层含碳硅质灰岩属热水沉积成因;煤中锆来自于基底的二云母花岗岩,主要由形成矿化煤层中的层状硅质岩和含碳硅质灰岩的热水溶液带入。

## 参 考 文 献

- 陈儒庆, 龙 斌, 曹长春. 1996. 广西煤的稀土元素分布模式[J]. 广西科学, 3 (2): 32~36.
- 胡瑞忠, 毕献武, 叶造军, 等. 1996. 临沧锆矿床成因初探[J]. 矿物学报, 16 (2): 97~102.
- 卢家烂, 庄汉平, 傅家谟, 等. 2000. 临沧超大型锆矿床的沉积环境、成岩过程和热液作用与锆的富集[J]. 地球化学, 29 (1): 36~42.
- 戚华文, 胡瑞忠, 苏文超, 等. 2002. 临沧锆矿含碳硅质灰岩的成因及其与锆成矿的关系[J]. 地球化学, 31 (2): 161~168.
- 王江海, 颜 文, 常向阳, 等. 1998. 陆相热水沉积作用——以云南地区为例[M]. 北京: 地质出版社. 121.
- 吴海鸥, 陈儒庆, 林刚. 1994. 煤的稀土元素地球化学[J]. 桂林冶金地质学院学报, 14 (3): 284~294.
- 张淑苓, 王淑英, 尹金双. 1987. 云南临沧地区帮卖盆地含铀煤中锆矿的研究[J]. 铀矿地质, 3 (5): 267~275.
- 庄汉平, 刘金钟, 傅家谟, 等. 1998. 临沧超大型锆矿床锆赋存状态研究[J]. 中国科学 (D 辑), 28 (增刊): 37~42.
- Bernstein L R. 1985. Germanium geochemistry and mineralogy[J]. *Geochemica et Cosmochemica Acta*, 49: 2409~2422.
- Clayton R N. 1986. High temperature isotope effects in the early solar system. In: Vally *et al* eds. *Reviews in Mineralogy*. Houston: Pergamon Press, 16: 129~139.
- Rona P A. 1988. Hydrothermal mineralization of oceanic ridges. *Canadian Mineralogy*, 26 (3): 447~465.