

广西煤的稀土元素分布模式*

Rare-earth Element Distribution Patterns of Coals in Guangxi

陈儒庆 龙斌** 曹长春
Chen Ruqing Long Bin Cao Changchun

(桂林工学院 桂林市建干路 12号 541004)

(Guilin Institute of Technology, 12 Janggan Road, Guilin, Guangxi, 541004)

摘要 广西不同产地、不同时代、不同煤种的煤灰稀土元素分析结果表明,未变质煤的球粒陨石标准化图呈右倾斜“V”型曲线,北美页岩标准化图呈近水平直线,煤中稀土元素没有发生分离和迁移。区域变质煤的球粒陨石标准化图呈右倾斜的“V”型曲线,煤中稀土元素受后期热水溶液影响发生轻微迁移,向富重稀土方向演化。热液变质煤中稀土元素发生了强烈的分离和迁移;煤变质程度越高,时代越早,煤中稀土元素的分离和迁移就越强烈。

关键词 稀土元素 地球化学 煤

Abstract Ashes of the coals with different ages and coal ranks from different localities of Guangxi were analysed for their rare-earth elements. The chondrite-normalized diagram of un-metamorphosed coal shows a v-shaped curve inclining towards the right. The north American shale normalized diagram shows nearly a level straight line. No fraction and migration occurred for the rare-earth elements in the coal. The chondrite-normalized diagram of regional metamorphosed coal also shows a v-shaped curve inclining towards the right. The rare-earth elements in the coal migrated, to a certain extent, towards enriching heavy rare-earth elements because of being affected by hot water solution in late stage. The rare-earth elements of hydrothermal-metamorphosed coal fractionized and migrated strongly, and their fraction and migration were positively proportional to the metamorphic degree and ages of the coal.

Key words rare-earth elements, geochemistry, coal

煤中稀土元素,作为判别煤变质类型、煤变质程度和成土母岩性质的一种有效指标,已在诸多文献中多次报道^[1~4]。一般认为,煤中稀土元素主要来自古植物在生长过程中对土壤的选择性吸收,是生物地球化学作用的结果。对未变质煤和低变质煤而言,生物地球化学作用强度越大,煤层中有机物总量越多,其灰分中稀土元素的丰度越高。对热液变质煤而言,由于体系处于相对开放而使得煤中稀土元素发生不同程度的分离和迁移,这在煤灰的北美页岩标准化图有较明显的反映。

广西主要分布有前泥盆纪的石煤、早石炭世的无烟煤、晚二叠世的瘦煤至无烟煤、早侏罗世的肥焦煤和晚第三纪的褐煤。中生代以来的岩浆活动及其派生的各种形式的热液活动遍及广西的大部分地区,对前泥盆纪至晚二叠世的煤产生不同程度的影响,在桂西、桂西北地区表现尤为突出。因此,通过研究未变质煤的稀土元素特点,藉以了解并区分各种类型变质煤的稀土元素分布模式,就有可能了解热液活动的规律和特点,达到指导矿产预测之目的。

广西早奥陶世、早石炭世、晚二叠世和晚第三纪煤灰中稀土元素的含量及特征参数,详见表 1

1 未变质煤地质特征及稀土元素分布模式

以广西稔子坪第三纪褐煤为例,煤岩显微组分以

1995-12-11收稿

* 国家自然科学基金资助项目(项目编号 49070168),广西区科委科技攻关项目。

** 广西遥感中心。

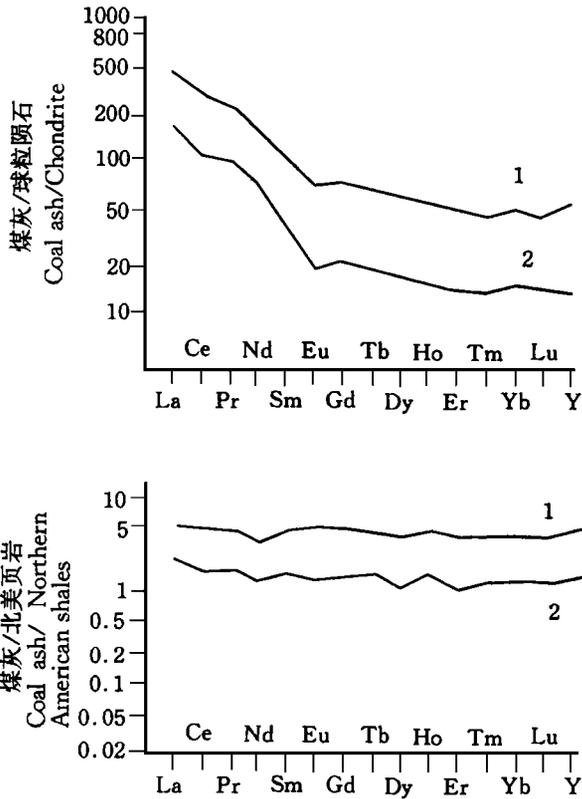


图 1 广西稔子坪晚第三纪煤和矽石的稀土元素分布模式
Fig. 1 REE patterns of Tertiary coal and gangue in Renziping, Guangxi
1 褐煤煤灰 Lignite ash; 2 矽石 (碳质页岩) Gangue (Carbonaceous shale) ash.

镜质组 (约 60%) 和壳质组 (约 35%) 为主, 次为沉积碎屑石英和粘土矿物。煤中内生裂隙发育, 宽度 0.0016~0.0217 mm, 延长 0.06~1.176 mm, 含裂隙率 5.34~14.28 条/mm², 裂隙多具网状构造, 有时是单个裂隙, 常垂直和斜交层理分布。裂隙常呈中空状, 没有任何物质填充, 因此可以肯定没有后期热液流体的灌入。煤的围岩主要为碳质泥质粉砂岩, 无蚀变, 也没有任何脉体。如图 1 所示, 煤灰和矽石灰的球粒陨石标准化图呈右倾斜“V”型曲线, 相对富集轻稀土, Eu 中度亏损, 且矽石的 Eu 和 Ce 亏损比煤的大, 反映成土母岩可能为花岗岩类岩石 (海西期大容山花岗岩)。煤灰和矽石灰的北美页岩标准化图则呈近水平的直线, δ_{Eu} 接近 1.0, $(La/Yb)_E$ 值亦仅略大于 1.0, 反映未变质煤和矽石中的稀土元素没有发生分离和迁移。

2 区域变质煤地质特征及稀土元素分布模式

以广西东罗晚二叠世 II 煤层为例。煤的牌号为贫

煤, 煤岩组分以镜质组为主。镜质组中分布有自形片状-鳞片状的绿泥石晶体。煤中除发育方解石和渗透状方解石外, 还见绿泥石脉。绿泥石脉宽 0.003~0.019 mm, 延长 0.08~0.22 mm, 含脉率 0~4.13 条/mm², 脉体多呈长透镜状, 局部构成网格状。煤中绿泥石含量低于 1%, 对煤变质的贡献不大。方解石脉的形成晚于绿泥石脉, 脉宽 0.003~0.155 mm, 延长 0.047~8.16 mm, 含脉率 0.17~72.97 条/mm², 脉体多平行层理分布, 呈短脉状-长透镜状, 对煤变质有一定的贡献。但由于区域上无岩浆岩体分布, 煤田附近也无金属矿化作用发生, 推测这些脉体仅是一些低温的热液溶液产物; 此外, 按希尔特规律, 从上覆地层厚度推算, 深成变质作用足以使煤的变质程度达到瘦煤阶段。如图 2 所示, 煤灰的球粒陨石标准化图呈右倾的互相平行的“V”型曲线, Eu 亏损强烈, Ce 亏损中等, 仍反映出成土母岩性质

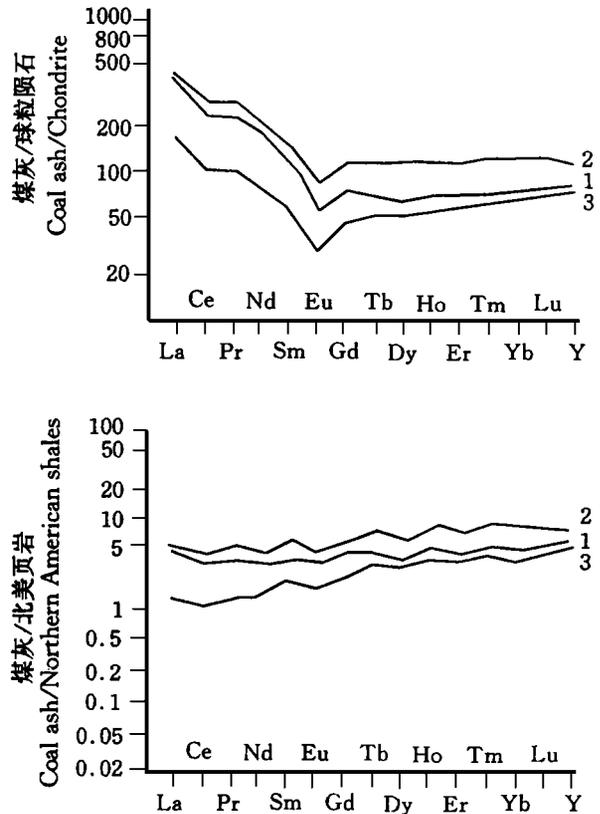


图 2 广西东罗晚二叠世煤的稀土元素分布模式
Fig. 2 REE patterns of Late Permian coals in Dongluo, Guangxi
1 那法矿 - 60 m 标高, - 60 m Level, Nafa Mine, $V_d = 16.2\%$; 2 五联矿 0 m 标高, 0 m Level, Wulian Mine, $V_d = 15.89\%$; 3 客兰矿 + 60 m 标高, + 60 m Level, Kelan Mine, $V_d = 22.60\%$.

属花岗质岩石。煤灰的北美页岩标准化图呈略向左倾斜的直线, 尽管重稀土含量低于轻稀土, 即 $(La/Yb)_N > 1$, 但重稀土富集程度大于轻稀土, 即 $(La/Yb)_E < 1$ 。这些反映出深成变质作用的瘦煤, 其中的稀土元素未发生分离, 只是受后期热水溶液的影响才向着富重稀土贫轻稀土的方向演化。

3 热液变质煤的地质特征及稀土元素分布模式

3.1 早奥陶世热液变质煤

以广西兴安县金石早奥陶世石煤为例。煤的 $V_d = 2.28\%$, 相当于变质程度较高的无烟煤。围岩为变质石英砂岩、绿泥石绢云浅粒岩、绢云母板岩等。受加里东越城岭花岗岩体及燕山期小岩体热液作用的影响, 围岩发生绿泥石化蚀变并形成低含脉率 (0.06 条/ mm^2) 的石英脉; 而煤中热液脉体则十分发育, 依次形成高含脉率 ($0.12 \sim 4.02$ 条/ mm^2) 的绿泥石脉、糜棱岩化石英脉和方解石脉。由于煤遭受了多期的热液作用影响, 煤的稀土元素发生大规模的迁移和分离, 稀土总量剧烈降低。如图 3 所示, 煤灰的球粒陨石标准化图呈强烈右倾斜的不规则曲线, 已不能反映成土母岩的性质; 煤灰的北美页岩标准化图呈缓左倾斜的不规则曲线, δ_{Eu} 为正值。

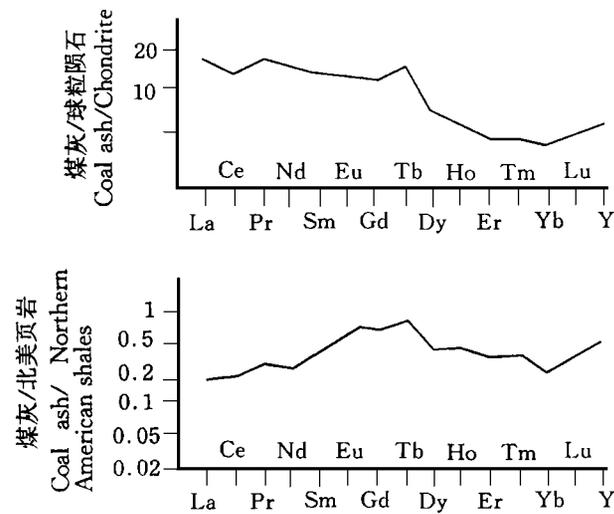


图 3 广西金石早奥陶世煤的稀土元素分布模式

Fig. 3 REE patterns of Early Ordovician in Jinshi, Guangxi

3.2 早石炭世热液变质煤

以广西罗城矿务局早石炭世无烟煤为例。煤中大量发育石英脉、绿帘石脉、绿泥石脉, 前 3 种脉的含脉率较高; 煤的围岩蚀变也较强烈, 以绿泥石化为主,

可以认为较中温热液是造成煤变质的主要原因。煤灰的球粒陨石标准化图依煤变质程度不同而发生变化 (图 4), 随煤变质程度升高, 挥发分 V_d 由 $8.32\% \rightarrow 5.68\% \rightarrow 2.88\%$, $(La/Yb)_N$ 由 $6.92 \rightarrow 2.93 \rightarrow 1.96$ 逐渐降低, 右陡倾斜“V”型曲线逐渐变为右缓倾斜非“V”型曲线, 已基本上不能反映古植物生长的成土母岩性质。煤灰的北美页岩标准化图, 随煤变质程度增高, 依次由缓右倾斜的非“V”型曲线, 过渡到陡左倾的非“V”型曲线, $(La/Yb)_E$ 由 $1.13 \rightarrow 0.48 \rightarrow 0.32$ 依次降低, Eu 由负异常变为正异常。这表明热液变质煤的稀土元素发生了较大的分离和迁移。

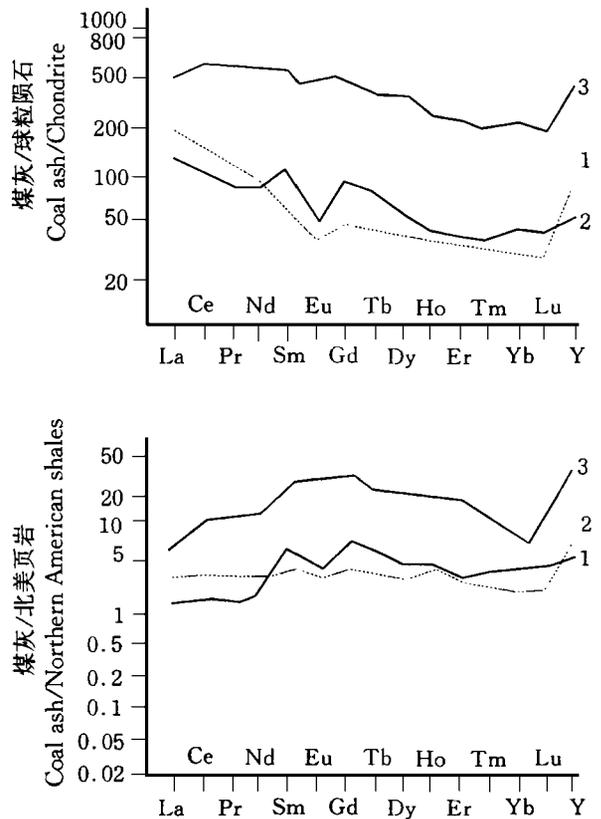


图 4 广西罗城早石炭世煤的稀土元素分布模式

Fig. 4 REE patterns of Early Carboniferous coals in Luo cheng, Guangxi

3.3 晚二叠世热液变质煤

以广西东兰县那论晚二叠世煤为例; $V_d = 5.19\%$, 属无烟煤。该煤矿点附近出露零星的燕山晚期石英斑岩和锑矿点。围岩未发生蚀变作用, 常见绿泥石脉和多期次的方解石脉。煤中脉体最为发育, 常见绿泥石脉、方解石脉、石英脉、萤石脉等, 含脉率高, 常分割、切穿、包围煤粒, 形成网格状构造。如图 5 所示, 煤灰的球粒陨石标准化图, 呈缓右倾的

“V”型曲线，Eu中度亏损，仍能反映成土母岩性质属花岗岩质；煤灰的北美页岩标准化图，呈左倾的非“V”型曲线，相对富集重稀土，反映煤中稀土元素发生了分离和迁移。

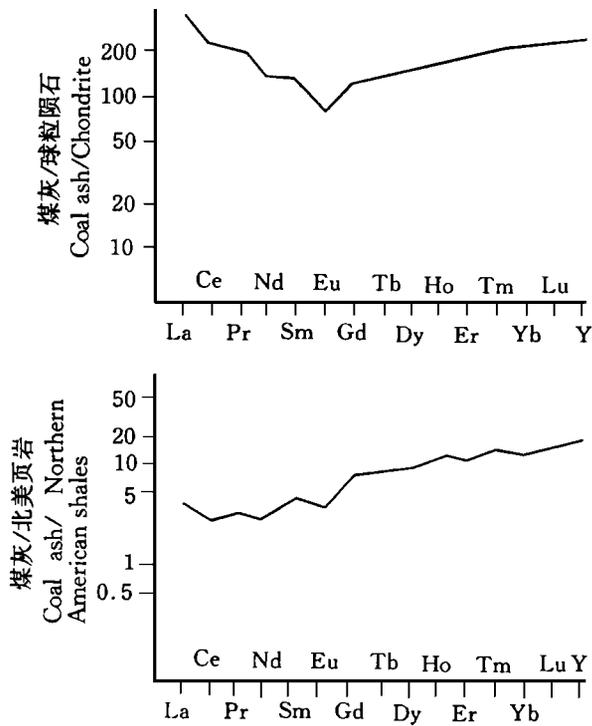


图 5 广西那论晚二叠世煤的稀土元素分布模式

Fig. 5 REE patterns of Late Permian coals in Nalun, Guangxi

4 结论

未变质煤的球粒陨石标准化图呈右倾斜“V”型

曲线，其北美页岩标准化图呈近水平的直线，煤中稀土元素没有发生分离和迁移。

区域变质煤的球粒陨石标准化图呈右倾斜的“V”型曲线，煤中稀土元素受后期热水溶液影响发生轻微迁移，向富重稀土方向演化。

热液变质煤中稀土元素发生了强烈的分离和迁移。煤变质程度越高，时代越早，煤中稀土元素的分离和迁移就越强烈。

参考文献

- 1 吴海鸥, 陈儒庆, 林 刚. 煤的稀土元素地球化学. 桂林冶金地质学院学报, 1994, 14 (3): 284~ 394.
- 2 陈儒庆, 吴海鸥, 林 刚. 罗城煤田早石炭世热液变质煤的地球化学研究. 广西科学, 1994, 1 (3): 1~ 8.
- 3 Chen Ruqing, Wu Haiou, Lin Gang. REE distribution patterns of coals in southern China, *Geotectonica et Metallogenia*, Science Press, 1995, 19 (1): 43~ 53.
- 4 陈儒庆, 吴海鸥, 林 刚. 广西东罗晚二叠世煤的化学结构和地球化学特征. 大地构造与成矿学, 科学出版社, 1995, 19 (2): 145~ 154.
- 5 Haskin M A, Haskin L A. Rare-earth European Shale a redetermination, *Science*, 1966, 154 507~ 509.
- 6 Herrman A C, Jung D. Die verteilung der lanthaniden im tholeyt von tholey (saar) und in Platatiniten. Pseudo pegmatiten und Apliten despermischen Vulkanismus in Saar-Nake-Pflaz-gabiet. *Contrib. Mineral Petrol*, 1970, 29 33~ 42.

(责任编辑: 蒋汉明 邓大玉)