

黄河、淮河及长江流域地表水环境中 锶的地球化学特征

王 兵^{1,2}, 李心清¹, 周 会^{1,2}, 赵彦龙^{1,2}, 闫 慧^{1,2}, 程红光^{1,2}

1. 中国科学院 地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049

关键词: Sr; 地球化学; 黄河; 淮河; 长江; 环境变化; 水化学; 人类活动

锶是自然界广泛分布的微量元素, 在生物、化学及地质过程中不易发生分馏作用, 具有很好的地球化学指示意义。尤其在水文地球化学研究中, 由于不同岩石锶含量不同, 大气降水降落在地面后流经不同岩石, 致使地表水中锶元素浓度和同位素比值不同。因此, 通过研究河水中锶元素的地球化学行为, 可以帮助我们探究河流集水处矿物化学风化速率、气候变化、上地壳化学特征、同位素组成以及陆地-河流-海洋之间的营养元素循环等等^[1,2]。过去 10 多年来, 很多学者对国内外代表性河流开展了大量的基础研究工作, 主要集中在水质地球化学特征方面, 即根据离子元素组成特征研究流域源岩组成、化学风化及人类活动对元素组成的控制作用以及河口区元素的地球化学行为等。大部分工作都集中在较小的流域范围或者喀斯特地区, 且主要是对水中的主要离子元素进行研究, 对于地表水中锶元素的特征大范围、多流域的研究工作国内至今未见报道, 即使在很多研究大流域的文献中也极少关注锶元素。因此, 本文应用水文地球化学研究手段对中国黄河、淮河及长江流域河水中锶含量水平及空间分布进行系统性研究, 阐明流域锶含量水平、空间分布与流域盆地地质特征、降雨量、气候以及人类活动等制约因素之间的关系。

1 样品采集与实验分析

水样采于 2005 年 9 月 14 日至 30 日, 处于枯水期季节。采样区域位于北纬 27°18'N ~ 37°5'N, 东经 106°46'E ~ 119°15'E 的区域内, 除了采集主要河流水样外, 还采集了一些较小河段及溪流中的水样, 共采集水样 127 个 (其中黄河流域采集水样 17 个, 淮河流域采集水样 30 个, 长江流域采集水样 80 个)。用超纯硝酸预洗干净的聚乙烯桶采

集水样, 用 0.45 μm 孔径玻璃纤维滤膜 (Whatman) 当场过滤, 并加入 2 mL 超纯硝酸将 pH 值调至小于 2 存放于 70 mL 用超纯硝酸预洗干净的高致密聚乙烯瓶中, 盐度、pH 值、温度、电导率等当场进行测定, 另有水样过滤后分别封装, 用于主要阴阳离子浓度的检测, 所有水样保存在 4℃ 下待分析。Sr 元素浓度在中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室原子吸收分光光度计 (PE-5100 型) 上测定, 分析误差小于 ±5%。

2 结果与讨论

水样 pH 值范围在 6.5 ~ 9.5 之间, 平均值为 8.1, 河流偏碱性环境, 碱金属含量较高, pH 值与锶含量之间并无显著的相关性, 较高的 pH 值表明流域中存在碳酸盐和白云岩风化作用。与世界河流平均值 (0.078 mg/L) 相比, 黄河、淮河及长江流域河水均具有较高的 Sr 含量, 这与流域所分布的岩性和相应的化学风化强度有关。如图 1 所示, 随着经纬度的增加, 黄河、淮河及长江流域河水中的锶含量呈逐渐升高的趋势。其中, 1 ~ 17 号水样采自黄河流域, 属下游地区, 较潮湿, 年平均降雨量为 600 ~ 800 mm, 主要由第四系黄土、第三系砂砾岩和元古宇变质岩组成, 水土流失较严重。由于该地区地处华北地块和北秦岭造山带, 除了受外来物质的侵入以及化学风化影响以外, 水与沉积物的相互作用不但可以使水体悬浮颗粒物质的组成发生变化, 还可能影响到溶解态物质的组成^[3]。此外, 黄河流域注入我国内海-渤海, 在 20 ~ 50 km 的河段内有可能存在海水入侵的现象^[4], 由于海水中的锶含量为 8 mg/L, 而河水中的锶含量仅为 0.078 mg/L^[5], 因此即使是较小的海水贡献也可能导致河水中锶含量的增高^[6], 所以黄河流域下游较高

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40403010)

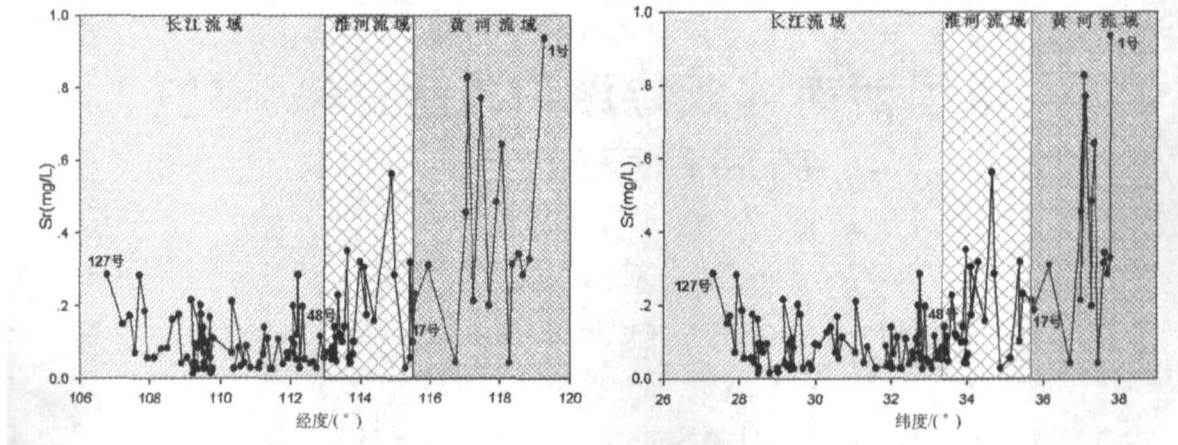


图1 黄河、淮河及长江流域地表水中的Sr含量与经纬度的变化关系

的锶含量可能是由于水与沉积物的相互作用以及渤海的潮汐效应共同作用的结果。18~47号水样来自淮河流域,淮河流域属第四系全新统和更新统河流冲积而成,主要以第三系、第四系沉积物和二叠系沉积岩为主,地处我国南北气候过渡带,气候温和,年平均气温为11~16℃,气温变化由北向南、由沿海向内陆递增,年平均降雨量为800~1000mm。淮河流域人口密度较大,河水污染较严重,除了受区域岩性的控制外,较高的锶含量有可能是源于人类活动的输入。Nakano等^[7]研究表明人类活动以及施肥等农业活动所产生的硫、氮和有机化合物可以在水中产生硫化物、含氮化合物以及有机酸等,这三种物质可以加速岩床中锶的提取,从而导致区域河流水中锶含量的增加。48~127号水样来自长江流域,长江流域年平均降雨量为1000~1200mm,主要以河岸沉积以及志留系、三叠系、寒武系、奥陶系和白垩系沉积为主,多花岗岩和变质岩,由于碳酸盐和蒸发岩矿物风化作用以及活跃的人类活动,导致长江流域表现出较高的锶浓度。同时,根据多年的水文气候资料研究发现,流域径流量、降雨量与锶浓度之间存在一定的负相关关系,随着流域年径流量和年平均降雨量的增加,流域锶浓度含量逐渐降低。其中黄河流域年径流量和年平均降雨量均较低,仅为535亿m³的年径流量和600~800mm的年平均降雨量,而黄河流域却表现出最高的锶浓度。因此,除了受区域岩性、地形起伏、流域发育程度以及人类活动影响以外,气候有可能对流域锶含量水平及分布起到一定的控制作用^[8]。

3 结 论

对中国三大流域地表水中锶含量水平及空间分布的研究表明:(1)与世界河流平均值相比,中

国三大流域河水具有明显的高锶含量。主要源于碳酸盐岩和硅酸盐岩的风化作用,受地质地形和流域发育程度的影响较大。(2)在空间分布上,从长江流域、淮河流域到黄河流域,河水中的锶含量表现出逐渐升高的趋势,这与流域所分布的岩石类型有关。(3)流域锶含量与相应区域年平均降雨量及年径流量之间呈显著负相关关系,气候及人类活动起到了一定的控制作用,而与大气输入、土地利用等因素关系不大。

参考文献:

- [1] Han Guilin, Liu Congqiang, Hydrogeochemistry of Wujiang River Water in Guizhou Province, China [J]. Chinese Journal of Geochemistry, 2001, 20(3): 240-247.
- [2] Rosemary C Capo, Brian W Stewart, Oliver A Chadwick. Strontium isotopes as tracers of ecosystem processes: theory and methods [J]. Geoderma, 1998, 82: 197-225.
- [3] Douglas G B, Gray C M, Hart B T, A strontium isotopic investigation of the origin of suspended particulate matter (SPM) in the Murrumbidgee-Darling River system, Australia [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1995, 59(18): 3799-3815.
- [4] 陈静生,王飞越,何大伟. 黄河水质地球化学[J]. 地学前缘, 2006, 13(1): 58-73.
- [5] Palmer M R, Edmond J M, The strontium isotope budget of the modern ocean [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1989, 92(1): 11-26.
- [6] Moiré A, Wadleigh, Jan Veizer, Christopher Brooks. Strontium and its isotopes in Canadian rivers: fluxes and global implications [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1985, 49: 1717-1736.
- [7] Takanori Nakano, Ichiro Taya, Eitaro Wada. Sulfur and strontium isotope geochemistry of tributary rivers of Lake Biwa: implications for human impact on the decadal change of lake water quality [J]. Science of the Total Environment, 2005, 345: 1-12.
- [8] Yang Shouye, Hoi-soo Jung, Li Congxian. Two unique weathering regimes in the Changjiang and Huanghe drainage basins: geochemical evidence from river sediments [J]. Sedimentary Geology, 2004, 164: 19-34.