

· 环境地球化学 ·

## 大坝控制下嘉陵江河水硅氮营养物质的季节和空间变化特征

李晓东<sup>1</sup>, 刘小龙<sup>2</sup>, 鲍丽然<sup>1,3</sup>

1. 中国科学院 地球化学研究所, 贵阳 550002;

2. 天津师范大学 水环境与水资源重点实验室, 天津 300384;

3. 中国科学院 研究生院, 北京 100049

嘉陵江是长江的重要支流, 已有的研究表明, 由嘉陵江流域输入的氮已占全部输入到长江上游水体中的氮的 35%, 显著影响长江三峡水库的水质。因此, 研究嘉陵江流域河水的营养物质浓度及来源等状况, 显得尤为重要。规划在嘉陵江流域中下游建设的 16 个梯级水电枢纽, 目前已建成 8 个, 这些梯级水库对硅氮等营养物质的输入、输出影响明显。基于此, 我们选择嘉陵江流域, 来开展“梯级大坝控制下河水硅氮营养物质的季节和空间变化特征”研究。

从嘉陵江源头到重庆朝天门与长江汇合口, 我们分别在雨季(2008 年 8 月)和旱季(2009 年 2 月)各采集干流水样 23 个, 样品间距约 50 km。硅(以  $\text{SiO}_2$  计)和  $\text{NO}_3^-$  离子浓度采用荷兰 SKALAR SAN<sup>++</sup> 连续流动分析仪测定。硅浓度的变化范围为: 雨季, 6.5~10.9 mg/L, 均值为 7.8 mg/L; 旱季, 0.2~8.0 mg/L, 均值为 3.8 mg/L。  $\text{NO}_3^-$  离子浓度的变化范围为: 雨季, 2.7~9.1 mg/L, 均值为 6.2 mg/L; 旱季, 2.3~6.7 mg/L, 均值为 4.3 mg/L。硅氮比的变化范围为: 雨季, 1.0~3.7, 均值为 1.5; 旱季, 0.1~3.5, 均值为 0.9。

(1) 季节变化: 结果表明, 在嘉陵江流域中下游, 尤其是梯级电站开发区域, 无论是硅和  $\text{NO}_3^-$  离子浓度, 还是二者的比值, 雨季均高于旱季。嘉陵江流域中下游地处四川盆地腹地, 农业发达, 可耕作土地比率高。由于化学氮肥的大量使用, 再加之过低的肥料使用效率, 导致大量的氮素随地表径流流失而进入河流等地表水体, 这是导致雨季河水中的  $\text{NO}_3^-$  离子浓度高于旱季的主要原因。硅在地壳中的含量是除氧外最多的元素, 广泛存在于岩石、砂砾、土壤之中。四川盆地丘陵地形中, 坡耕地的

大量开垦加上砂质土壤, 将促使硅在雨季随各类径流而迁移流失, 并大量进入河流中。

(2) 空间变化: 河水硅的浓度在进入梯级电站区域后逐渐降低, 旱季降低尤其显著, 最低浓度(0.2 mg/L)出现在旱季、最早修建的水库中。水库大坝修建后, 会导致河水流速减缓, 水力停留时间增加, 浊度降低, 水体光通透性提高, 这些将给包括硅藻在内的藻类提供良好的生长条件。在雨季, 较高的温度和大量营养物质随径流进入河水中, 会促进藻类的生长繁殖并消耗大量的硅。在旱季, 随降雨径流输入河流的硅大幅减少, 尽管由于旱(冬)季低温藻类生长繁殖速率降低, 但是也会对硅产生消耗, 使硅浓度剧烈降低, 这在最早修建的水库中表现最为明显。同样的, 藻类在生长繁殖过程中, 由于同化吸收也会消耗大量的氮, 导致  $\text{NO}_3^-$  离子浓度在进入梯级电站区域也逐渐降低, 但趋势(先小幅降低后升高)在旱季并不明显。雨季河水中的氮主要来自于肥料的面源流失, 而旱季则主要来自于河流两岸的生活废水。在梯级电站区域, 顺流往下, 人口密度增加, 乡镇企业和工业迅猛发展, 人为输入的  $\text{NO}_3^-$  也随之增加, 其贡献率在旱季更为明显。这些增加量抵消了藻类的消耗, 使旱季  $\text{NO}_3^-$  离子浓度在梯级电站区域内变化幅度较小, 而导致硅氮比的变化与硅浓度变化一致, 即先大幅降低后缓慢升高。

硅氮浓度及二者比值的时空变化, 将对嘉陵江河水以及三峡水库水体的营养物质组成与水生生物群落结构产生重要的影响。后续研究采用硝酸盐氮氧同位素比值将更有助于探讨河水氮的来源及梯级水库内氮的生物地球化学过程。

基金项目: 国家自然科学基金(40703004)