

· 环境地球化学 ·

# 贵阳市秋冬季降雨化学变化特征

肖红伟<sup>1,2</sup>, 肖化云<sup>1</sup>, 唐从国<sup>1</sup>, 王燕丽<sup>1,2</sup>, 刘学炎<sup>1</sup>

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

贵阳市地处云贵高原东斜坡上, 东经 106°07' 至 107°17', 北纬 26°11' 至 27°22'。由于贵阳市四面环山, 大气污染物不易扩散, 且秋冬季燃煤量增加导致燃煤释放的 SO<sub>2</sub> 增加和随工业化发展导致机动车辆释放的 NO<sub>x</sub> 的增加, 加重了贵阳市城区的酸雨程度。

2008 年 10 月 30 日~11 月 7 日停雨间隔不超过 24 h, 其中 10 月 31 日、11 月 1 日为连续强降雨, 降雨量 48 h 内达 60 mm。样品采集地点为贵阳市中国科学院地球化学研所矿床地球化学国家重点实验室对面小楼顶, 周围没有明显的高楼及厂矿污染源, 能够代表贵阳市区的一般情况。本次为连续采样, 共采集 124 个样品(编号 87~210), 对本次所有样品 pH 和阴阳离子等化学组分进行了分析。pH 等进行现场测定, 铵氮在雨水现场过滤后 24 h 内测定, 阴阳离子过滤后由 4℃ 下保存待测。雨水 pH 加权平均值为 4.11, 最大值为 7.2, 最小值为 3.65, 其中 pH 小于 5.6 的样品占了 94.4%。pH 大于 5.6 的样品主要发生在降雨初期, 因为降雨初期大气中含有大量的碱性特质, 中和了雨水的酸性物质。

124 个雨水样品中各种离子平均当量浓度大小顺序: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (174.6 μeq/L) >> F<sup>-</sup> (14.2 μeq/L) > Cl<sup>-</sup> (13.7 μeq/L) > NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (2.7 μeq/L) > NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

(2.2 μeq/L), Ca<sup>2+</sup> (97 μeq/L) > NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (60.0 μeq/L) > Na<sup>+</sup> (10.5 μeq/L) > Mg<sup>2+</sup> (7.6 μeq/L) > K<sup>+</sup> (3.1 μeq/L)。雨水阳离子以 Ca<sup>2+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 为主, 占阳离子总量的 88.1%, 且 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 浓度随降雨时间增加迅速下降, 降低速度较其他阴离子快, 所以在降雨初期 pH 更接近 7, 而在降雨结束时, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup> 低于检测限; 阴离子以 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 为主, 占阴离子总量的 84.2% 以上, 其次为 F<sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>, 分别占阴离子摩尔质量的 6.8% 和 6.6%。黄美元(1995)、沈志来(1993)等人对西南地区秋冬季雨水和云水化学特征研究发现, 贵阳地区云水 pH 的平均值为 4.62, 雨水 pH 的平均值为 3.99, 其中云水中含 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 49.6 μeq/L、Ca<sup>2+</sup> 31.9 μeq/L、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 为 0; 雨水中含有 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 122.4 μeq/L、Ca<sup>2+</sup> 36.9 μeq/L、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 15.8 μeq/L。从而可以得出雨水大部分污染物来自雨水的冲刷过程中, 并表明贵阳市雨水化学主成主要受到贵阳市局部燃煤释放的硫和人为排的氮影响。

对雨水中的阴阳离子进行相关分析, 见表 1。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、q 和 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、Ca<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 相关系数都在 0.8 以上, 而 Cl<sup>-</sup> 和 Na<sup>+</sup> 相关性很差, 说明这些来源都是内陆型的, 更多的是局部污染。

表 1 常量离子间的相关性

	pH	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
pH	1	0.406*	0.289**	0.339**	0.087	0.406**	0.194*	0.620**	0.352**	0.531**	-0.182
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		1	.905**	0.957**	0.366**	0.963**	0.825**	0.915**	0.982**	0.956**	-0.056
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			1	0.908**	0.345**	0.890**	0.855**	0.715**	0.917**	0.860**	-0.015
Cl <sup>-</sup>				1	0.380**	0.935**	0.910**	0.839**	0.965**	0.905**	-0.046
F <sup>-</sup>					1	0.397**	0.388**	0.308**	0.354**	0.306**	-0.011
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>						1	0.765**	0.880**	0.968**	0.940**	-0.017
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>							1	0.645**	0.871**	0.725**	-0.060
Ca <sup>2+</sup>								1	0.867**	0.950**	-0.033
K <sup>+</sup>									1	0.924**	-0.047
Mg <sup>2+</sup>										1	0.015
Na <sup>+</sup>											1

注: \* \* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed); \* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40573006)