

两广大陆地区酸雨的时空分布 规律和化学特点

齐立文*

(中国环境科学研究院,北京 100012)

提 要

自1988年1月至1989年12月,建立了一个包括70个监测点的酸沉降监测网,进行了常规的干、湿沉降同步观测,获得了大量的监测数据。结果表明:两广地区大面积出现酸雨,酸雨污染较严重地区是广东省粤北和珠江三角洲及广西的“湘桂走廊”。这些地区经济发展迅速,又是SO₂、NO_x排放量较多的地区。降水酸度季节分布明显,即:春季>冬季>秋季>夏季。降水中主要离子是Ca²⁺、NH₄⁺和SO₄²⁻,化学组成以硫酸盐为主,说明我国两广地区酸雨是煤烟型大气污染造成的。

关键词: 污染物 排放量 酸雨 pH 阴、阳离子

1 综述

位于我国南部的广东省与广西壮族自治区地处低纬度亚热带地区,北回归线横贯中部,总面积为42万km²。土壤是偏酸性的红壤和砖红壤,对酸性物质缓冲能力较差。气候属亚热带湿润季风气候。由于纬度低,太阳高度角大,辐射强,全年有充足的热量和降水。这种气候条件有利于大气中各种污染物的化学转化。

广东省是我国最早的经济开发区,经济发展迅速。工业布局主要是沿粤北韶关—广州—珠江三角洲这一中轴地区,此外还有粤西南的茂名、湛江及粤东的汕头、惠州地区。广西自治区的工业集中在以桂林—柳州—南宁为连线的“湘桂走廊”地区。两广地区能源结构以煤为主,而且广西自治区使用的自产煤含硫量较高,一般在5%左右。

近年来,由于改革开放,两广地区经济发

展迅猛,燃煤量及污染物排放量逐年增加。尽管采取了一些措施,但是大气污染仍在蔓延,酸雨面积逐年扩大,且有加重的趋势。

为了查明两广地区酸雨现状,我们于1987年先后在两广地区根据地形差异、行政区划、工业布局和气流传输通道,建立了一个包括70个监测点的酸沉降监测网。自1988年1月开始进行了两年的降水与气态污染物的常规同步监测。参考美国EPA降水监测系统质量保证手册^[1],对两广地区酸雨监测网采取了严格的质量控制和严密的质量保证措施,获得的监测数据是可靠的,具有充分的代表性和可比性。

2 酸性降水的现状

2.1 大气污染状况

酸性降水(简称酸雨)的前体物主要是SO₂、NO_x,大部分来源于工业排放^[2]。据1985年两广地区工业污染源调查数据,SO₂排放

* 参加本项研究工作的还有中国环科院、广东环保中心站,广州环保中心站,广西环保研究所的庞燕波、李定南、陈镇华、林汉章等20余名同志。

量是62万吨,NO_x排放量是17万吨。主要来自两广地区的工业发达区,而珠江三角洲又

是此地区SO₂排放量最多的地区(见图1)。

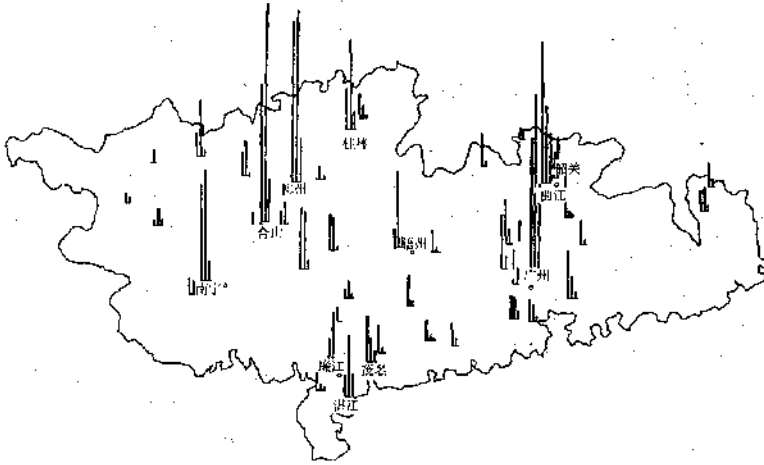


图1 两广地区SO₂、NO_x、烟尘排放量分布(1985年)
直方图自左至右分别为烟尘、SO₂、NO_x

由图1可见,两广地区的经济发达区是SO₂、NO_x排放量的高值地区。

由表1可以看出1988年大气SO₂浓度超国家2级标准的城市在广东省是韶关、佛山和广州市这一中轴地区,向东延伸到汕头、梅州地区。广西自治区则是桂林、柳州和合山的“湘桂走廊”地区。其中,柳州和合山都超过国家3级标准(0.1mg·m⁻³)。1989年广东省只有广州市SO₂浓度呈增长趋势,超过3级标准,而其它城市普遍下降。但是在广西自治区各城市大气中SO₂浓度大多呈增长趋势。其中柳州、梧州和河池都超国家3级标准。

由于广西自治区使用的煤含硫量较高,大约是广东省的3.8倍,所以广西的SO₂排放量高于广东省,而且,主要城市大气中SO₂浓度超标的面积也大于广东省。两年期间内大气中NO_x浓度高值区在广东省的珠江三角洲和广西柳州。特别是广州、珠海、深圳、佛山一带。近年来,经济发展速度很快,机动车辆迅速增长,随之带来的尾气NO_x排放量也增多。

排放到大气中的这些酸污染物,在华南

地区特有的地理环境和气候条件下,容易发生光化学反应,生成一系列的酸性物质^[8]即:气态硝酸和硫酸,在适当的天气系统条件下形成酸性降水。

表1 两广地区主要城市SO₂、NO_x年均值/
mg·m⁻³

| 城市 | SO ₂ | | NO _x | |
|----|-----------------|-------|-----------------|-------|
| | 1988 | 1989 | 1988 | 1989 |
| 广州 | 0.090 | 0.111 | 0.110 | 0.133 |
| 韶关 | 0.070 | 0.052 | 0.040 | 0.032 |
| 佛山 | 0.080 | 0.063 | 0.070 | 0.055 |
| 汕头 | 0.070 | 0.048 | 0.030 | 0.034 |
| 梅州 | 0.080 | 0.056 | 0.020 | 0.028 |
| 江门 | 0.040 | 0.025 | 0.040 | 0.030 |
| 南宁 | 0.040 | 0.052 | 0.020 | 0.050 |
| 桂林 | 0.061 | 0.095 | 0.017 | 0.018 |
| 柳州 | 0.133 | 0.127 | 0.018 | 0.024 |
| 合山 | 0.123 | 0.085 | 0.008 | 0.018 |
| 梧州 | 0.091 | 0.182 | 0.021 | 0.026 |
| 河池 | 0.099 | 0.152 | 0.013 | 0.052 |

2.2 酸雨的时空分布规律

2.2.1 酸雨的地理分布

图2和图3分别绘出1988年和1989年两广地区降水 pH 年均值的分布情况。

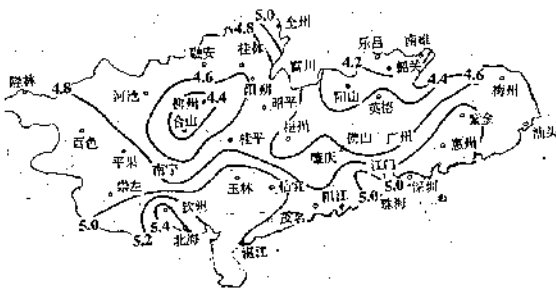


图2 1988年两广地区 pH(H⁺内差)年均值分布

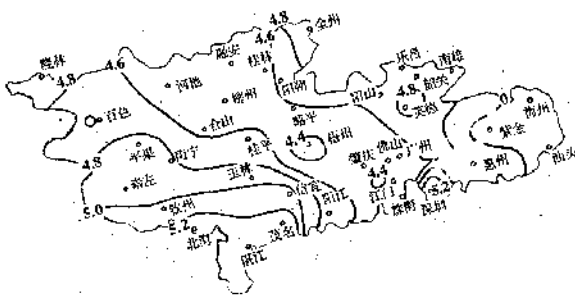


图3 1989年两广地区 pH(H⁺内差)年均值分布

由图可见,两年来广东省酸雨较严重的地区是粤北的韶关、南雄、阳山和乐昌一带,年均 pH 值在3.93—4.95,酸雨出现频率大于80%。另一严重地区是珠江三角洲的广州、佛山、江门和肇庆一带,年均 pH 值在4.32—5.31,酸雨频率平均为59%。粤东的惠州、汕头和梅州一带,年均 pH 值在4.67—5.16,酸

雨频率平均57%。粤西的阳江 pH 年均值是4.74—4.97,酸雨频率均大于67%。广西酸雨较严重的地区是柳州、合山、融安和梧州, pH 年均值在4.21—4.93,酸雨频率大于80%。总的来讲,两广地区酸雨主要分布是沿主导风向和气流传输通道由北向南,在广东省是以韶关、英德、广州、佛山和江门为轴线的粤北地区和珠江三角洲地区。向东扩展到粤东的惠州、汕头和梅州等地,向西扩展到阳江、茂名等地。广西则是以桂林—柳州—合山—南宁为轴线的“湘桂走廊”地区,向东扩展到桂平、梧州,向西扩展到河池、百色地区。图中 pH=4.8 和 pH=5 的等值线向南移。广西北部部的 pH=4.6 和 pH=4.8 的等值线向北扩大。两广地区酸雨污染严重的地方既是 SO₂ 排放量的高值区,又是工业发展迅速的经济发达区。

2.2.2 酸雨的时间分布

由图4可见,两广地区酸雨季节变化明显,春季(2月、3月、4月)降水酸度较高, pH 值最低,酸雨频率也较高。夏季(7月、8月、9月)降水酸度较低, pH 值较高,酸雨出现频率较低。全年降水酸度变化排序是春季>冬季>秋季>夏季。广州地区酸雨逐年加重,近年来,酸雨的时间分布开始由春季向夏、秋、冬季延伸,降水酸度全年度加重,失去了明显的季节分布规律。

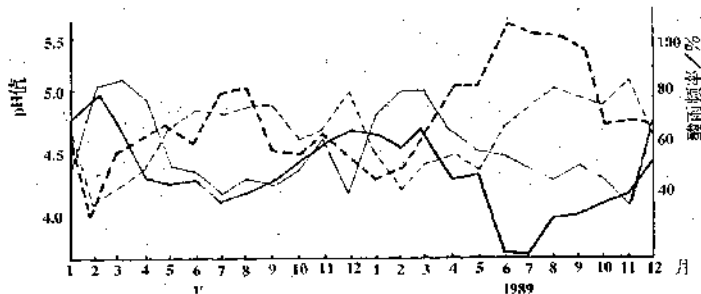


图4 两广地区降水 pH 值及酸雨频率时间分布
粗实线及粗虚线为广东酸雨频率及 pH 值,
细实线及细虚线为广西酸雨频率及 pH 值

3 降水的化学特点

3.1 降水中离子总浓度的时间变化

降水中离子总浓度也具有明显的季节变化,即:冬、春季节降水中离子总浓度高于夏秋季节。主要原因是每年春季,我国长江以南各省份经常出现阴雨天气,湿度大。水汽容易在烟尘、微粒上凝结构成雾状,污染物粒子下沉积聚在低层大气中。此时,地面常有一个冷空气垫,上部有一个近似水平的稳定层,使污染物在低层大气中积聚。加上冬、春季节雨量较少,所以雨水中离子总浓度较高。夏、秋季节两广地区主要受台风、热带辐合带等天气系统影响,降雨前、后伴随着有较强的对流运动,不论是水平方向还是垂直方向气流湍动厉害,使大气中各种污染物难以积聚,再加上夏、秋季节降雨量较大,所以降水中离子总浓度较低。

3.2 降水中离子的化学组成

由表2可见,两广降水中主要离子是 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 NH_4^+ 。平均而言,以 SO_4^{2-} 所占的百分比最大,广东、广西分别达到32%和38%。其中尤以梧州、柳州和韶关最大,分别为43%、42%和41%。

表2 两广主要测站1989年降水中离子的化学构成

| 测站名称 | 阴阳离子构成百分比(不含 H^+) | | | | | | | | |
|------|-----------------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------|------------------|------------------|
| | F^- | Cl^- | NO_3^- | SO_4^{2-} | Na^+ | NH_4^+ | K^+ | Ca^{2+} | Mg^{2+} |
| 韶关 | 3 | 5 | 6 | 41 | 2 | 8 | 2 | 30 | 3 |
| 英德 | 4 | 6 | 12 | 32 | 1 | 12 | 1 | 31 | 1 |
| 广州 | 2 | 4 | 3 | 32 | 3 | 21 | 4 | 29 | 2 |
| 湛江 | 3 | 10 | 6 | 33 | 13 | 10 | 1 | 20 | 5 |
| 梅州 | 3 | 3 | 4 | 27 | 1 | 16 | 2 | 42 | 2 |
| 汕头 | 2 | 11 | 5 | 32 | 8 | 13 | 2 | 23 | 4 |
| 深圳 | 1 | 16 | 9 | 23 | 15 | 10 | 3 | 20 | 3 |
| 广东省 | 3 | 8 | 6 | 32 | 5 | 15 | 3 | 24 | 4 |
| 南宁 | 2 | 5 | 3 | 39 | 3 | 21 | 1 | 24 | 2 |
| 桂林 | 2 | 3 | 5 | 28 | 4 | 15 | 1 | 40 | 2 |
| 柳州 | 7 | 3 | 7 | 42 | 2 | 19 | 1 | 16 | 3 |
| 北海 | 3 | 10 | 16 | 24 | 16 | 11 | 1 | 14 | 5 |
| 梧州 | 2 | 4 | 8 | 43 | 3 | 20 | 2 | 16 | 2 |
| 河池 | 1 | 3 | 2 | 36 | 6 | 12 | 2 | 36 | 2 |
| 百色 | 1 | 4 | 2 | 20 | 4 | 28 | 3 | 35 | 3 |
| 广西区 | 3 | 4 | 4 | 38 | 4 | 16 | 1 | 28 | 2 |

说明降水中离子组成是硫酸盐为主,硝酸盐含量低。也就是说两广地区酸性降水是煤烟型大气污染造成的。

4 两广降水化学组分与国内外有关地区比较

表3列出了两广地区、我国西南地区及美国、加拿大、瑞典等地降水化学组分的比较。

由表3可见,两广地区降水中 SO_4^{2-} 浓度平均是美国和加拿大的2.36倍,是瑞典的2.51倍。但略低于我国西南地区。两广地区有关城市 $\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^-$ 的比值平均为7.15,而西南地区为13.11。美国、加拿大的平均比值是1.8,瑞典是2.1。两广地区 $\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^-$ 的比值是美国、加拿大的3.97倍,是瑞典的3.4倍。而西南地区 $\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^-$ 比值是美国、加拿大的7.28倍,是瑞典的6.24倍。这充分说明了我国两广地区与西南地区的酸性降水中以硫酸盐为主,是硫酸型的,主要是煤烟型大气污染造成的,限制 SO_2 排放是控制酸雨的主要对策。而北美和欧洲降水中硝酸盐含量要比我国高,说明这些国家 NO_x 排放量较高,主要来自汽车尾气的排放。

从表3中还可以看出两广地区降水酸度 H^+ 平均浓度是 $49.75\mu\text{eq/l}$ 与欧洲瑞典 $44\mu\text{eq/l}$ 相当,接近美国、加拿大的平均酸度 $57.56\mu\text{eq/l}$ 。两广地区酸雨较严重的广州地区和韶关市接近或超过美国东北部酸雨较严重的俄亥俄州。

5 小结

5.1 华南两广地区大面积出现酸雨,酸雨较严重地区是广东省的粤北地区和珠江三角洲地区及广西自治区的“湘桂走廊”地区。这些地区工业发展速度快,也是 SO_2 、 NO_x 排放量较多的地区。

5.2 两广地区降水酸度仍然是以春季最酸,酸雨出现频率也较高。降水中离子浓度也较高。

5.3 两广地区降水中离子组成主要是 Ca^{2+} 、 NH_4^+ 和 SO_4^{2-} 。雨水中化学成分以硫

酸盐为主,说明我国两广地区酸性降水是煤 烟型大气污染造成的。

表3 1988年两广地区与国内、外部分地区降水化学组成比较(单位: $\mu\text{eq/l}$)

| 地 区 | Ca^{2+} | Mg^{2+} | K^+ | Na^+ | NH_4^+ | NO_3^- | Cl^- | SO_4^{2-} | H^+ |
|------------------------------------|------------------|------------------|--------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------------|--------------|
| 韶 关 | 85.40 | 7.89 | 7.62 | 22.67 | 51.67 | 20.30 | 14.01 | 114.70 | 117.49 |
| 广 州 | 175.09 | 25.04 | 24.05 | 28.09 | 141.10 | 33.28 | 38.11 | 254.90 | 40.74 |
| 桂 林 | 144.90 | 17.50 | | | 47.50 | 20.40 | 9.40 | 65.40 | 23.40 |
| 南 宁 | 131.80 | 12.70 | 10.90 | 20.50 | 84.90 | 14.40 | 46.00 | 197.00 | 17.38 |
| 重 庆 ^[4] | 112.20 | 19.10 | 14.90 | 9.70 | 134.40 | 23.00 | 19.00 | 243.00 | 74.10 |
| 贵 阳 ^[4] | 125.00 | 37.80 | 6.60 | 5.60 | 31.50 | 13.90 | 4.60 | 240.90 | 142.80 |
| 美国俄亥俄州 Wooster | 10.98 | 2.96 | 0.41 | 2.61 | 16.08 | 32.91 | 4.23 | 75.40 | 64.57 |
| 美国纽约州 白面山 加拿大 ^[5] | 5.49 | 1.48 | 0.26 | 1.91 | 8.32 | 20.32 | 1.97 | 37.29 | 35.40 |
| Long Woods(1984) | 40.42 | 10.70 | 2.05 | 18.70 | 38.31 | 58.54 | 14.95 | 88.49 | 72.70 |
| 瑞典 ^[6] (1985) | 7.70 | 4.30 | 1.50 | 14.00 | 31.00 | 30.00 | 18.00 | 63.00 | 44.00 |

参考文献

- 1 Quality assurance manual for precipitation measurement systems. EPA/600/4-82/042a, 1985.
- 2 J. N. Galloway 等, 世界偏远地区降水化学组成, 大气环境与酸雨, 第2期, 1986.

- 3 Barbara Lubkert. Atmos. Environ, 1989, 23(1), 3-15.
- 4 西南地区酸雨来源、影响和控制对策报告.
- 5 Barrie and Hales. CAPMON Precipitation Chemistry Data Summary in Canada. 1984.
- 6 Europe from EMNP. 1985, P333-335.

Chemical Character and Spatial and Temporal Distribution of Acidic Precipitation in Guangdong and Guangxi Provinces

Qi Liwen

(Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012)

Abstract

We had established an acidic deposition network including 70 sites in Guangdong and Guangxi provinces and had done routine monitoring work on dry deposition and wet deposition simultaneously from January, 1988 to December, 1989. The results showed that frequency of acid rain was rising and was distributed along main wind direction from north to south in Guangdong and Guangxi provinces. The acidity of rain water was the most acidic and acid rain occurred most frequently during spring season. The chemical composition of rain water were mainly Ca^{2+} , NH_4^+ , SO_4^{2-} . The average ratio of $\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^-$ was 2.7 times larger than that of the United States. The chemical components in rain water were mainly sulphate and it indicated that the acid rain in Guangdong and Guangxi provinces was caused by air pollution from coal burning.

Key Words: pollutants emission amount acid rain pH anion and cation