

广州地区酸雨现状的研究*

全文哲 李友琼

(广州市环境监测中心站, 广州)

提要 本文叙述了在广州市16631.7km²范围内从1985年1月至1986年6月对降水的观测结果。分析结果表明, 春季降水的酸性最强, 认为这可能是局地污染与中尺度输送叠加的结果。降水中硫酸根的浓度占阴离子浓度60%以上。氯离子约占阴离子的20%, 这表明海洋对广州降水有强烈的影响。

关键词: 酸雨。

为了解广州地区酸雨分布规律和特征, 探索酸雨的成因, 以1985年1月至1986年6月酸雨监测资料为依据, 参照1983年至1984年的监测结果, 结合当地的气象条件和大气污染状况, 对广州地区酸雨分布现状及其特征进行分析。

广州市所辖16631.7km²范围内, 共设置9个酸雨监测点, 测点布局即考虑到城区、郊区、工业

区、清洁区, 同时也考虑了全年主导风向和北方气流输送的影响, 具有一定的代表性。

测点布局见图1。

一、监测结果与分析

(一) 降水pH值与酸雨出现频率

1985年1月~12月, 共收集雨水样598个, 其中酸雨样为264个, 酸雨出现频率为44.1%, pH最低值为3.44, 出现在市中心站点4月13日。全市pH年平均值为5.34。

1986年2月~6月(一月无降水)共收集雨样369个, 其中酸雨样222个, 酸雨出现频率为60.2%, pH最低值为3.42, 出现在番禺县3月28日。上半年pH均值为5.25, 变化趋势见图2。

收稿日期: 1987年5月3日。

* 本文得到陈镇华、刘信弘同志的指导与审核, 江焜权、吴政奇、黎宪刚、陈美娥等同志的帮助, 在此一并致谢。

参加降水监测的有本站大气室、黄埔、海珠、番禺、花县、从化、清远等区县监测站及广雅中学和广州市职业病防治医院。

文中所用离子数据, 1985年为北京大学技物系分析, 1986年为中国环境科学院大气所分析。

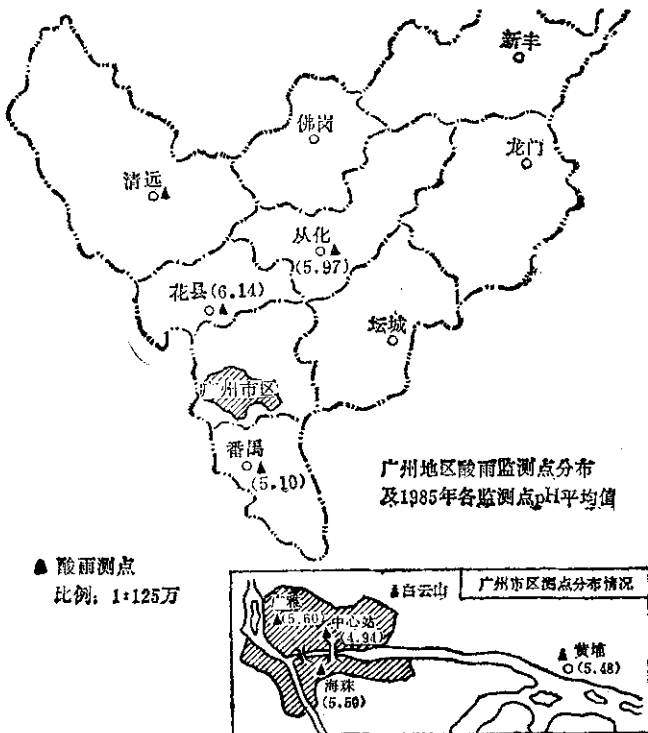


图1 广州地区酸雨监测区示意

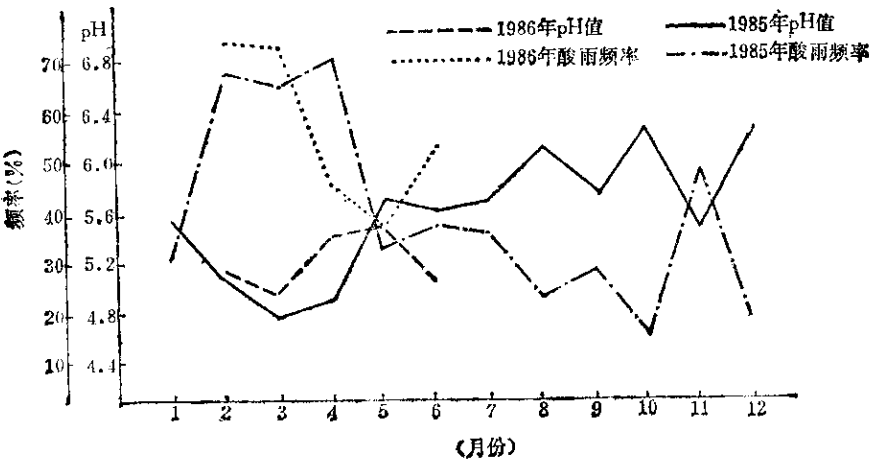


图 2 广州市1985~1986年6月降水pH值及酸雨频率变化

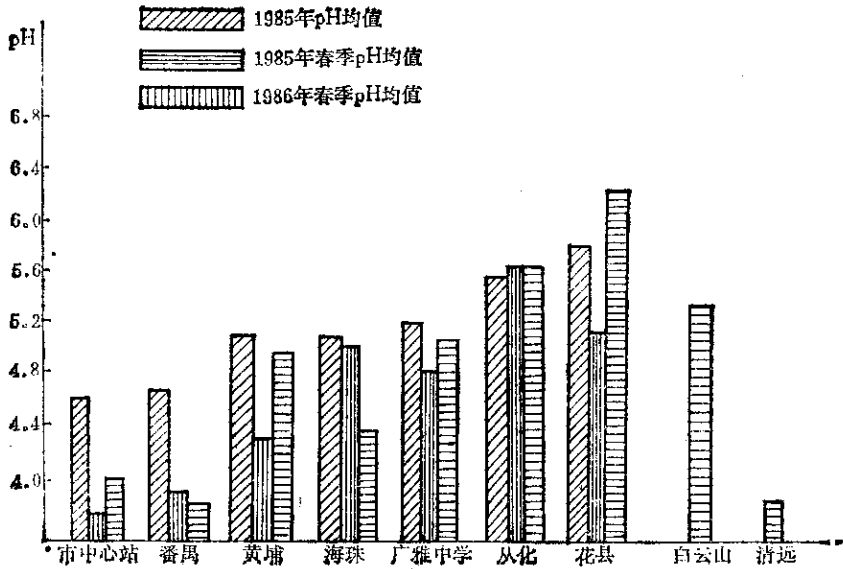


图 3 广州市各降水监测点pH均值变化

广州全年各月均可出现酸雨，但主要集中在2~6月份，以2、3、4月（即春季）最为严重。85年、86年两年春季pH均值分别为4.95、5.29，酸雨出现频率分别为68.1%和63.6%，其次是初夏的5、6月份，pH均值分别为5.66和5.30，频率分别为36.2%和44.7%，且与83、84年同期分布趋势大体相同，说明广州地区酸雨有着明显的季节变

化，而且主要集中在春季。

（二）降水酸度的空间分布

由图3可以看出，广州的降水酸度和酸雨出现频率有着明显的空间分布规律，即由番禺县、市中心站、海珠区、黄埔区形成一个中小尺度的pH低值区。除清远县外，北部的从化县、花县降水酸度和酸雨出现频率皆较低。

广州市降水中主要离子浓度平衡表

表 1

采 样 时 间		化 学 成 分 (μeq/l)										
		H ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	F ⁻	Σ[-]
1985	5月	2.00	38.26	20.00	62.22	237.00		153.54	16.13	54.93	15.34	239.94
	6	2.40	37.83	38.97	106.67	219.50		326.27	58.39	85.07	48.15	518.28
	7	2.00	15.22	12.31	64.44	187.00		128.12	37.90	23.94	31.75	221.71
	8	0.85	10.00	10.49	95.00	108.00		99.38	11.13	18.03	15.34	143.88
	9	1.66	11.30	6.65	52.22	48.00		109.79	5.81	25.92	24.87	166.39
	11	3.24	132.61	34.62	117.22	210.00		413.54	36.94	159.72	50.79	660.99
	12	0.54	180.43	48.21	115.00	71.00		206.46	21.89	190.14	35.45	453.94
1986	2月	6.61	33.04	22.56	171.67	400.50	47.50	301.46	36.13	123.38	12.70	473.67
	3	10.47	60.87	40.26	285.56	422.00	27.50	523.54	70.97	80.28	18.52	693.31
	4	3.55	54.35	32.05	195.40	110.00	14.17	336.04	55.65	67.61	25.40	484.71
	5	3.47	24.00	29.78	68.57	110.82	10.83	108.18	18.07	36.34	8.99	171.58
	6	7.41	24.78	25.64	88.23	79.66	29.17	117.16	17.29	24.23	7.90	166.58

广州地区降水中NO₃⁻与SO₄²⁻

当量浓度比值

表 2

项 目	1986年 2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	均值
NO ₃ ⁻	36.13	70.97	55.65	18.07	17.29	
SO ₄ ²⁻	301.46	523.24	336.04	108.18	117.16	
NO ₃ ⁻ /SO ₄ ²⁻	0.12	0.14	0.17	0.17	0.15	0.15

(三) 降水化学成份

1. 广州地区降水中SO₄²⁻是阴离子的主要成份,

占60%以上, 其次是Cl⁻、NO₃⁻、F⁻ 各占20%、9%、8%, 与重庆、贵阳相比, 都是以SO₄²⁻为阴离子的主要成份, 降水都属硫酸盐型。

2. 广州地区Cl⁻占降水阴离子的20%, 重庆地区仅占5%, 其浓度为重庆地区的7倍。86年2月测得广州地区Cl⁻浓度为123.38 μeq/l, 而韶关市为37.13 μeq/l, 广州地区的Cl⁻浓度为韶关的3.3倍。说明海洋对广州地区降水化学成份有较明显的影响。

3. Cl⁻浓度与Na²⁺、Mg²⁺之和接近, 可认为主要来自海盐对降水酸度影响不大, 故从所测化学成份来看, 广州地区降水酸度主要决定于SO₄²⁻、

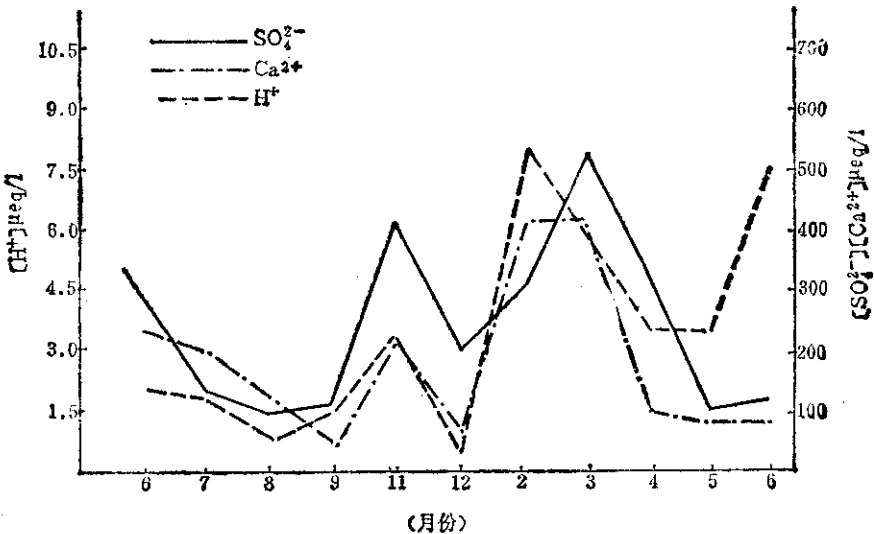


图 4 广州地区降水SO₄²⁻、Ca²⁺、H⁺浓度年变化

NO_3^- 、 F^- 与 Ca^{2+} 、 NH_4^+ 、 K^+ 的相对浓度。

4. 广州地区 $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 浓度为0.15, 但重庆地区为0.07, 而美国东北部为0.4。广州地区降水中 $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 浓度高于重庆2倍多, 说明 NO_3^- 对降水酸度的贡献是不可忽视的。

F^- 浓度与 NO_3^- 浓度相接近, 为重庆地区的4.4倍, 其对降水酸度的贡献亦不可忽视。

5. 降水中阳离子成份以 Ca^{2+} 、 NH_4^+ 为主, 二者之和占80%, Ca^{2+} 为 NH_4^+ 的1.4倍。这些较高浓度的阳离子对广州地区降水酸度可能起重要影响, 从而降低降水中的游离酸度。

二、降水酸度化学组成 与大气污染的关系

(一) 大气污染概况

酸雨是大气污染转化而来的, SO_2 又是我国酸雨形成的主要物质来源。广东的能源结构以煤为主, 煤烟型污染是本省城市大气污染的主要特征。珠江三角洲的耗煤量约占全省的60%, 广州市城区年耗煤量约占总燃料的73.9%, 石油占26.1%, 废气总排放量509.04万 m^3/a , SO_2 达18.41万 t/a , NO_x 达1.8万 t/a 。广州市城郊各种污染物季节分布: 降尘、 SO_2 以冬、春两季为高, 分别为15.13 $\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{month}$ 、0.10 mg/m^3 ; NO_x 、TSP也以春季为最高, 分别为0.09、0.31 mg/m^3 。由此可见广州地区降水酸度年变化规律与大气污染物年变化规律基本是一致的。

(二) 降水化学组份年变化与大气污染的关系

图4绘出了1985年6月~86年6月降水中主要离子成份的年变化, 由此可以看出, 影响广州地区降水酸度的主要成份 SO_4^{2-} 和 Ca^{2+} 其变化规律基本是一致的(其相关系数0.73), 且与大气污染物的年变化相符合。同时降水中 H^+ 浓度年变化规律与

SO_4^{2-} 亦有较好相关性(相关系数为0.69)。可见广州地区的酸雨局地污染起着重要作用。

广州地区86年2月24日~3月2日降水
 H_2O_2 与大气 O_3 监测结果 表4

采样时间	O_3 (最高值)(ppb)			H_2O_2 (日均值)(ppb)		
	市中心站	白云山	番禺县	市中心站	白云山	番禺县
2月24日	22	48	58	—	—	1000
25日	23	82	74	270	500	230
26日	18	44	54	—	2400	—
27日	38	32	—	2037	2750	739
28日	38	38	—	1775	1920	1102
3月1日	44	62	70	562	2200	—
2日	62	86	100	—	—	—
最大值	62	89	100	3300	5000	1700
日均值				1338	2025	870

三、远距离输送对广州

酸雨形成的探讨

1986年2月24日~3月2日, 在白云山连续7天的综合观测期间, 采雨样11个, 其中酸雨样9个, 酸雨频率为82%, pH最低值为3.69。整个降水过程基本为酸雨所控制。同步大气采样 SO_2 、 NO_x 浓度分别为0.003 mg/m^3 和0.039 mg/m^3 。特别是26、27、28三天, SO_2 浓度为0.00 mg/m^3 , 而降水中 SO_4^{2-} 浓度却分别达到431.46 $\mu\text{eq}/\text{l}$ 、230.0 $\mu\text{eq}/\text{l}$ 、201.0 $\mu\text{eq}/\text{l}$ 。白云山海拔380m, 植被繁茂, 周围无污染源, 为清洁区。

由表3可以看出, 在观测期间, 位于广州上风向的韶关、清远、白云山pH均值分别为3.97, 4.12, 3.85; SO_4^{2-} 浓度分别为274.70, 232.50, 125.42 $\mu\text{eq}/\text{l}$ 。市中心站点 SO_2 浓度比白云山高8

广州、韶关地区86年2月23日~3月2日降水与大气观测结果 表3

采样点	样品数	pH值	pH变化范围	酸雨频率(%)	降雨量(mm)	SO_4^{2-} ($\mu\text{eq}/\text{l}$)	SO_2 (mg/m^3)	NO_x (mg/m^3)
市中心站	9	4.79	4.46~7.00	55.6	17.0	192.08	0.024	0.070
白云山	11	3.85	3.69~5.71	82.0	18.2	125.42	0.003	0.039
清远县	7	4.12	3.98~4.42	100	17.6	232.50	0.031	0.009
韶关市	11	3.97	3.44~5.58	100	18.4	274.7	0.029	0.029

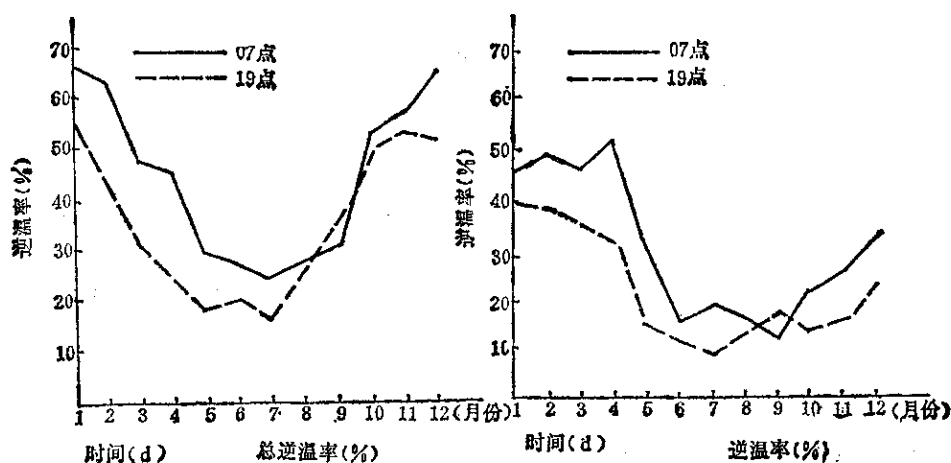


图 5 广州地区近十年逆温出现情况

倍,而降水酸度比白云山低的多(pH 值高出0.94)。以上说明酸雨前体物可能由外地传输而来。远距离输送对广州酸雨形成的影响值得进一步的探讨。

四、广州地区降水 H_2O_2 及大气 O_3 的监测

表 4 表明市中心站、白云山 H_2O_2 日均浓度分别达到1338ppb和2025ppb, 最高达5000ppb。1000ppb以上的出现频率达93%以上。表明市区大气中具有很强的氧化能力, 低空大气中的 SO_2 、 NO_x 可能很快被氧化而生成硫酸和硝酸, 从而增加降水酸度。

3月2日番禺县点 O_3 时均浓度为100ppb, 已达到国家三级标准。 O_3 是光化学烟雾的特征物质。近年来广州的机动车辆以每年30%的速度递增, 汽车尾气是增加 NO_x 的污染源, 且广州地区降水 NO_3^- 与 SO_4^{2-} 浓度比也高于重庆地区。因此, 广州地区应注意光化学烟雾的污染问题。

五、有利于广州地区酸雨形成的气象条件

(一) 酸雨是大气污染物在特定的气象条件下, 通过多种化学过程而形成的。大气中污染物的输送和扩散, 风和湍流起着决定性作用。广州近地面层属常年小风气候, 弱风和静风频率较高。全年

平均风速为1.6m/s, 静风频率达31.9%以上, 春季相对湿度平均在85%以上。此季日照时间短, 全年雾日也多集中在春季。本地区属酸性土壤区, 尘埃对大气酸性物缓冲能力弱, 这些都为酸雨形成提供了有利条件。全年以北风为主导风向, 春、秋、冬季以向南输送为主。酸雨多出现在以北风为主导风向的春季。

(二) 逆温的影响

据广州近10年来逆温资料分析可看出(见图5), 不同的季节出现逆温的强度类型和频率不同。以辐射冷却而形成的接地逆温, 多出现在每年的10~12月份, 高度一般在200~400m之间, 以锋面和平流作用而形成的逆温, 多出现在每年的1~4月份。逆温象大气上层有盖子似的抑制大气污染物的迁移输送和扩散, 加之平流和锋面活动, 带来中长距离污染气团的酸性物质的综合影响, 为春季酸雨形成提供了极其有利的条件。

(三) 天气形势的分析

广州春季降水的主要天气系统是静止锋, 锋面低槽。每年的2、3月份, 北方来的冷高压与逐渐加强的热带低压暖湿气团相遇, 南支低槽能不断地将孟加拉湾水汽输送到大陆, 形成静止锋, 造成连续性降水天气, 例如86年2月23日~3月1日降水过程。23、24、25三天, 从500mb天气图上看, 新疆西部高原槽逐渐向华南移动, 海上副热带高压在向孟加拉湾延伸, 北方冷空气经日本南下开始影响

我国中南地区。700mb高空盛行西风和西北风。850mb低空由东北风转东南风，地面吹偏北风，有零星小雨，是局地抬升或弱复合形成。26、27、28三天，500mb高空西南气流加强，出现南风记录的台站已延伸到昆明周围，说明孟加拉湾暖湿空气供应充分。850mb东北风和东南风形成的辐合区不断东移，横贯广西、广东中部，地面开始降水。2月27日白云山凌晨02:20点开始降水，持续7小时零39分，雨量为4.9mm。pH值为3.86，这是一次冷暖气团相遇形成锋面低槽造成的酸性降水过程。

六、小 结

(一)广州地区的降水在一年中春季酸性最

强，而且有明显的季节性变化。

(二)降水化学组份中 SO_4^{2-} 是阴离子的主要成份。占60%以上， Cl^- 占20%，高于重庆7倍。海洋对广州地区降水有着较明显的影响。

(三)广州地区降水中 $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 高于重庆地区， NO_3^- 的水平较高。

(四)春季的酸性降水可能是局地污染与中尺度输送叠加的结果。

(五)广州地区降水中 H_2O_2 及大气中 O_3 浓度较高，应该注意光化学烟雾的污染问题。

STUDY ON THE PRESENT SITUATION OF ACID RAIN IN GUANG ZHOU AREA

Quan Wenzhe Lu Youqung

(Guangzhou Environmental Monitoring Station, Guangzhou)

Abstract

According to the monitoring data in 1985~1986, it is obvious that the acid rain in Guangzhou area has a regular distribution according to the season and location. The pollution of acid rain is mainly centralized in spring (February, March and April). In the central part of Guangzhou, Huangpu area and Fanyu county areas of low pH value are formed. The chemical composition accounts for 20% of the total anion. It is showed that the ocean has influence to the precipitation of Guangzhou.

The value of $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ in Guangzhou is higher than that in Chungqing and the concentration of H_2O_2 and O_3 is also higher. This shows that we must pay great attention to the photochemical smog pollutant problem in Guangzhou city.

The formation of acid rain in Guangzhou bears close relation with the meteorological conditions, especially the inversion layer frequently appeared in spring provides a favourable factor for the formation of acid rain.

This article provides a scientific basis for clearing the distribution pattern and the formation of acid rain.

Key words: Acid rain.