

广州市春季降水酸度的初步气象分析*

邱 洪 潘 康 稳

(广东省热带海洋气象研究所)

莫 天 麟

(南京大学大气科学系)

广州市位于珠江两岸,是我国南方最大的工业和旅游城市。广州市的工业主要分布在西北部的荔湾区和西南部的海珠区,二氧化硫源强中心分别位于市区西北部的火力发电厂和西南部的钢铁厂,喷射粉尘较多的水泥厂等位于市区西北部。

为了了解广州市春季的降水污染情况,我们自 1983 年 3 月中旬起,在广州市的 5 个区共布设了 7 个观测点,(见图 1),收集雨水和气象资料。现把 3 月 15 日至 5 月 31 日的雨水分析结果作一小结。

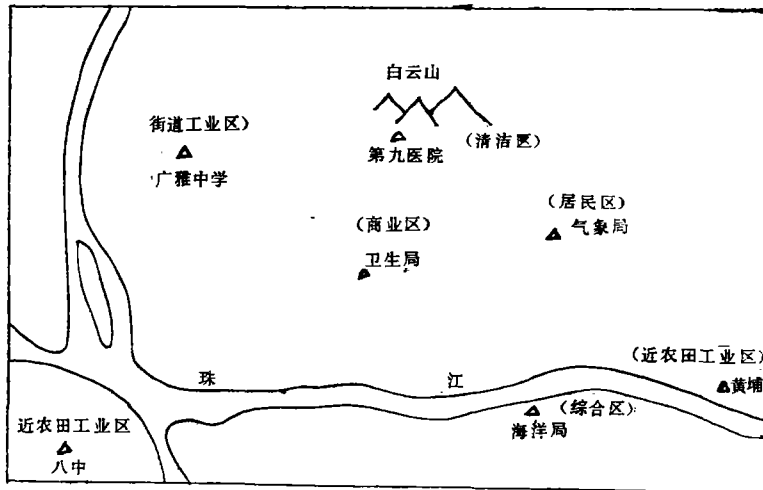


图 1 布点简图

1. 春季降水的 pH 情况

1) 采样方法与数据处理 采样方法与文献 [1] 大致相同,即用直径为 50 cm 的聚乙烯盆收集雨水。由于 3 至 5 月广州的降水性质前、后期有所不同,即从连续性降水为主转变成对流阵性降水为主。故采样时段分两种:(1) 连续性降水,每 3 小时采样 1 次;(2) 阵性降水,雨停即采样 1 次。另外

*本文于 1983 年 8 月 24 日收到,1984 年 10 月 20 日收到修改稿。

[1] 莫天麟、谢国樑,南京市降水酸度的初步研究,气象学报,39, No. 4, 460—464, 1981。

还做了不同采样时段的试验。样品于当天集中到省热带海洋气象研究所进行 pH 值测定, 分析仪器为 PHS-2 型酸度计。

测定结果采用氢离子浓度 $[H^+]$ -雨量 P 加权法, 计算公式如下:

$$pH = -\log[H^+];$$

$$[H^+]_{\text{平均}} = \frac{\sum_i [H^+]_i P_i}{\sum_i P_i};$$

$$pH_{\text{平均}} = -\log[H^+]_{\text{平均}};$$

$$\text{酸雨雨量} = \frac{\sum_i (P_{pH < 5.6})_i}{\sum_i P_i} \times 100\%, \text{ 式中的 } (P_{pH < 5.6})_i \text{ 为 pH 值小于 5.6 的雨量};$$

$$\text{酸雨次频} = \frac{\sum_i (f_{pH < 5.6})_i}{\sum_i f_i} \times 100\%, \text{ 式中的 } f_i \text{ 为样品个数, } (f_{pH < 5.6})_i \text{ 为 pH 值小于}$$

5.6 的样品数。

2) 分析结果 广州市 1983 年 3 至 5 月降水的 pH 值列在表 1 中, 从表中看出:

(1) 广州市 3, 4 月份各测点降水的平均 pH 值除广雅中学外都小于 5.6, pH 检出值为 3.74—9.30, 月最大酸雨雨量达 100%; 5 月份各测点的平均 pH 值都大于 5.6, 月最大酸雨雨量为 53%。

(2) 广州市各测点的降水酸度不同, 工业区降水的 pH 值不是各测点中的最低值。

(3) 街道工业区(或商业区)与靠农田的工业区(或绿化好的居民区)的雨水月平均 pH 值不同, 月酸雨雨量峰值出现的时间也不同。

表 1 广州市 1983 年春季降水各测点的 pH 值¹⁾

时 间	统 计 项 目	测 点						
		黄 埔	气 象 局	卫 生 局	海 洋 局	广 雅 中 学	八 中	第 九 医 院
3 月	pH 平均值	4.30	4.46	5.20	—	6.71	4.03	4.73
	pH 变化范围	3.81—7.90	3.84—7.40	4.30—5.60	—	4.40—9.14	3.80—7.61	4.17—5.98
	酸雨雨量(%)	91	100	73	—	20	100	83
4 月	pH 平均值	4.61	4.57	4.13	5.27	5.09	4.53	4.37
	pH 变化范围	4.20—6.88	3.74—6.92	3.98—6.44	4.12—6.74	3.90—9.30	4.12—7.60	4.17—4.92
	酸雨雨量(%)	86	93	100	50	82	93	100
5 月	pH 平均值	5.92	6.04	5.83	6.17	5.92	5.83	5.77
	pH 变化范围	4.33—7.33	4.47—7.75	4.49—7.38	4.54—6.82	4.46—8.30	4.28—6.34	5.12—6.66
	酸雨雨量(%)	31	53	36	13	50	50	29

2. 从气象角度对观测事实作初步分析

1) 天气形势 从这 3 个月的天气图上可看到, 造成广州市春季降水的主要天气系统是静止锋和

1) 海洋局点三月份未取样。

锋面低槽。3, 4 月份北方冷空气势力仍较强, 经常推进到南海, 入海冷高压的迴流与中南半岛的热低压暖湿气流在我国华南相遇, 形成一条近东西走向的静止锋, 副热带西风槽在其冷垫上滑升, 使广州大部为连续阴雨天气。5 月份冷空气势力减退, 西太平洋副高加强, 大陆和洋面的加热不均匀, 促使副热带东南信风进一步发展, 华南逐步转受热带气团的控制, 静止锋低槽常在南岭、武夷山一线, 锋前暖区降水特征明显, 广州降水多呈阵性。从表 2 还可看到, 3 月份零度层最低, 层内含有充沛的水汽, 5 月份零度层最高, 湿度日变化大。由于不同气团的微物理参数不同, 各自具有代表大陆和洋面特点的气溶胶成份和浓度。一般认为极地气团受工业、城市的污染, 人类活动影响高于热带性气团。而雨滴酸化反应进行的方向和速度与反应物浓度、环境温度和湿度以及有利于反应进行的条件所维持的时间有关。因此广州市早春雨水的强酸性可能是由于受到被污染气团控制的结果。

表 2 高、中湿层及零度层高度

统计值 月份	项目	高湿层(米)($f=90\%$)	中湿层(米)($f=70\%$)	零度层高度(米)
		3 月	3136	6729
4 月	2465	4920	4340	
5 月	3108	5760	4930	

2) 大气层结 对广州市各测点的降水 pH 值与雨强作相关分析时发现, 有的测点(如广雅中学点) pH 值与雨强有关, pH 极小值与大雨强相对应, 而有的测点(如气象局点) 这种关系就不甚明显, 并且在各测点都很难找出 pH 值与其他地面气象要素的较好的相关关系。因此, 雨水 pH 值除了受到降水对边界层中污染物的冲刷以及污染物随雨水的沉降等影响外, 还受到高空成云致雨的动力和微物理过程的影响。由于稳定层结的出现, 会使高、低空气溶胶数密度显著地不连续, 因此我们分析了层结情况。从广州气象台探空记录和有关报表上统计出, 3 月份广州经常处于静止锋后冷空气的控制下, 主要云状为层状云, 逆温层底平均高度低于行星边界层顶, 层厚约 300 米, 雨日出现逆温的频次为 100%。5 月份广州多受南支槽前西南气流的影响, 逆温层底有半数超过 2000 米, 层厚约 100 米, 雨日出现逆温的频次只有 31%。

由此可推知, 3 月份广州的低空大气被逆温层所覆盖, 大量工业、民用排放的废气、粉尘悬浮在近地层大气中, 污染水平高, 而高空则可能相对清洁些; 5 月份大气层结的不稳定, 相当于给低空污染物开放了“天窗”。逆温层的维持与消散, 会使高低空污染物浓度、成份有所不同, 这些差异可能会改变降水的 pH 值。虽然广州市大多数测点的降水 pH 低值与逆温层同步出现, 似乎是雨滴受到低空酸性污染的可能性要大一些, 但不同酸碱度的液滴, 其吸收酸、碱性物质的微观机制将启发我们去思考, 什么性质的云滴在什么样的环境下更容易产生强酸性雨滴?

3) 地面盛行风向 广州市雨水 pH 低值区随时间有明显的空间变化, 即低值区由东向西移动。由于广州市受季风影响大, 风向逐月变化较之其他地面气象要素的变化更为显著, 故着重考虑地面盛行风向的影响。从广州市气象台地面风向月报表中统计出逐月各风向出现频次, 结果列在表 3。3—5 月地面盛行风向逐渐从北风转为东南风, 风向在行星边界层顶均转成南南西(SSW)。因此 3, 4 月, 由于西北部工业强污染源和西南部次强工业污染源的排放、扩散对本市都会产生影响, 低层较厚的大气层内含有较高浓度的污染物, 但碱性粉尘在其源附近下风向降落, 就全市范围而论, 污染物对降水的酸性污染较严重。而 4 月下旬至 5 月, 经大片农田和江面而来的东南风, 使广州市边界层内污染物浓度显著减小, 降水较少受到本地排放的污染物质的影响, 出现了较正常的 pH 值。

4) 积云和层云降水 我们还对 1983 年 5 月 12 日和 5 月 20 日的两积雨云降水的每 5 分钟取样进

表3 地面风向各区间分布频数

频次 月份	风向 区间	W-N	N-E	E-S	S-W	C
		3月	12	34	16	0
4月		4	11	58	5	26
5月		7	9	46	10	27

行 pH 测定, 分析表明 Cb 云降水的 pH 值随降水时间的增加而减少。一般认为, 这种现象是降水在云下对碱性尘埃的冲洗造成的。图 2 中的 a、b 是气象局测点 5 月 12 日, 5 月 20 日的两次积云降水的 pH 值随时间的变化。层云降水与积云降水的 pH 值随时间变化规律有所不同。如广雅中学测点 3 月 25 日 6:00—19:00 和 3 月 27 日 0:00—22:00 两次风向偏北的连续性降水 pH 值随时间的变化(如图 2 中 c、d 所示)。

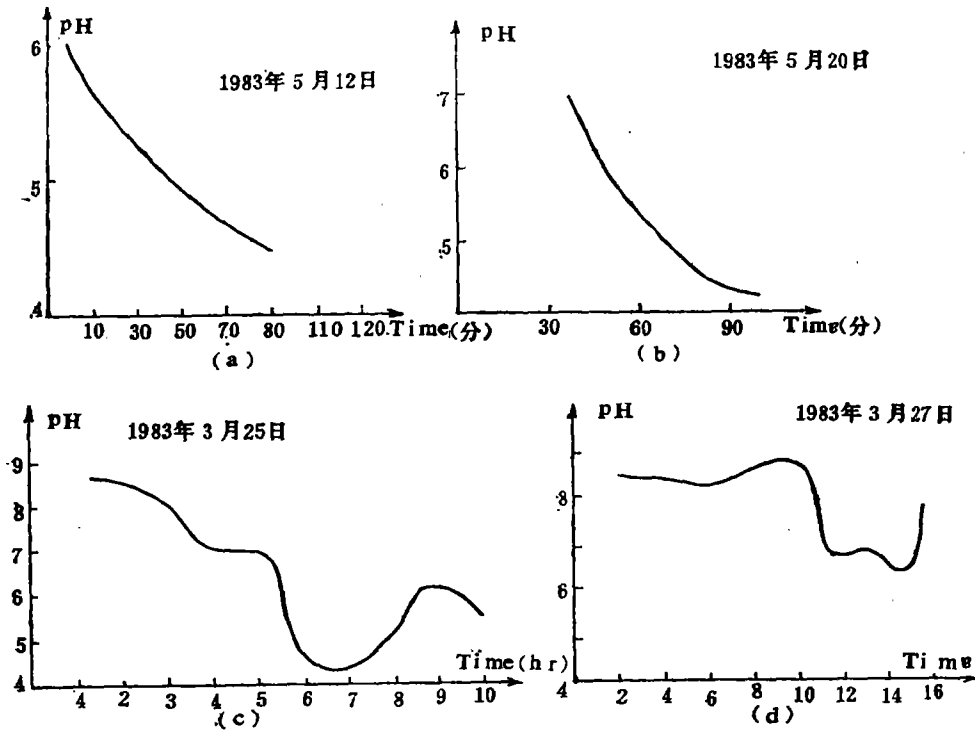


图2 降水中pH值随时间的变化

3. 小 结

1) 广州市早春降水为酸性降水, 除个别受工业粉尘污染较严重的点如广雅外, 酸雨雨量均达 80% 以上, 晚春雨水酸度降低, 平均 pH 值大于 5.6。这两个时期影响广州的天气系统及大气层结状况有明显的差别, 很可能是决定性的因素。

2) 降水酸度的水平分布不均匀, pH 高、低值区与地面盛行风向有关。

3) 局地污染源对于降水的污染程度, 随气象条件的变化而不同。