

华南准静止锋暖区内降水的物理化学特征¹⁾

吴 兑 甘春玲 陈位超 游积平

(广州热带海洋气象研究所, 510080)

提 要

介绍了一次华南准静止锋暖区内降水的物理化学特征的综合观测分析结果。主要有:①暖区内积云降水雨滴浓度不高,但滴径较大,谱型以多峰谱为主;②雨水 pH 值较低,平均 4.43,离子成分中 NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , Na^+ 的浓度较高;③本次降水清除了气溶胶总质量的 45%,对 Cl^- , F^- , NO_3^- 的清除率较高;④由于气溶胶中阴离子被雨水清除的效率较高(主要是 NO_3^-)而阳离子的清除率低,致使雨水 pH 值下降,这可能是本次降水雨水酸度较大的原因之一。

关键词: 雨滴谱 雨水酸度 气溶胶 化学成分

引 言

广州地区春季的主要降水系统华南准静止锋,是该地区春季活动频率最高的天气系统,常在南岭山地静止,并随冷空气活动强弱而在沿海地带摆动。该系统除造成低温阴雨天气外,其降水也是全年中最酸的。我们曾研究过一例较典型华南准静止锋南下出海过程降水的宏微观物理化学特征,这次我们于 1990 年 3 月 26 日至 4 月 1 日对一次华南准静止锋前暖区内降水过程进行了一次综合观测,内容包括雨滴谱观测,雨水样品分析,气溶胶样品分析。收集了同期天气背景资料,卫星云图与雷达回波资料,并依据自记雨量站网分析了逐时降水场,以了解华南准静止锋暖区内降水的一些物理特征与化学性质,供研究雨水增长过程与酸化机制参考。

1 观测与资料基本情况

综合观测是在广州热带海洋气象研究所楼顶平台进行的,约离地面 25m 高,位于广州市区东侧,周围多为机关单位与居民住宅,主要观测了雨滴谱,并采集了雨水与气溶胶

样品。为便于了解,将观测项目与资料情况简述如下:

1.1 天气背景资料

参考定时天气图,利用广州、连平探空站资料。

1.2 卫星云图,雷达回波图及逐时降水场

参考广州气象卫星地面站卫星云图与广州 713 雷达站雷达回波图。并使用珠江三角洲 33 个气象台站逐时雨量资料,在 VAX-6220 机上生成逐时雨量图。

1.3 雨滴谱观测

采用滤纸色斑法观测雨滴谱^[1],使用含淀粉滤纸,取样后即时熏碘而形成深兰色色斑;取样间隔为 5 分钟,共取得雨滴谱资料 125 份。

1.4 雨水样品的收集与测定

样品收集间隔视雨强大小而定为 5—60 分钟,使用经去离子水冲洗 3 次的直径 31.5cm 的塑料盆取样,现场测定 pH 值与电导率,水样经现场过滤后装入用去离子水冲洗 3 次的聚乙烯塑料瓶中,共收集到雨水样品 61 份。 pH 值使用 PHB-29C 型酸度计测定;电导率由 DDS-11A 型电导率仪测定; F^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 由离子色谱法测定; K^+ ,

1) 国家气象局科学基金云物理项目资助,参加观测等工作的还有万齐林、江奕光、黄智慧、黄浩辉。

Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ 由原子吸收分光光度法测定; NH₄⁺ 由化学法(纳氏试剂比色法)测定。

1.5 气溶胶样品

使用自制直径50cm 滤膜采样器收集气溶胶样品,真空泵流量为1.5m³/h,取样体积50m³左右,分别于降水前、降水中、降水后采取了共5片滤膜。气溶胶样品收集在玻璃纤维滤膜上,采样前后经干燥皿恒重后称重,每张滤膜取半张用25ml 去离子亚沸蒸馏水常温淬16小时左右,淬取其中的水溶性成分,离子测定方法与雨水测定相同。

2 天气背景

本次过程前,2月份与3月上旬华南地区雨水偏多,而后自3月7—22日广州地区无明显降水过程。

在3月第6候,500hPa 高空位于孟加拉湾的印度季风槽强度较强,华南地区盛行较强的西南气流;850hPa 高空南岭山地北侧一直有切变线维持,南海北部反气旋环流较强,并西伸的西太平洋副热带高压后,华南地区处在副高西北侧的高空锋区内。对应地面图上,25日14时南下冷锋在南岭山地静止,并在武夷山地形成锢囚,而后锋面位置稳定少动,至27日14时锋消;28日08时另一次南下冷锋在南岭山地静止,静止锋位置稳定少动,29日20时由于海上南下冷空气加强,在武夷山南段又形成锢囚;静止锋一直维持到4月上旬,但4月1日后已无明显降水了(图1)。

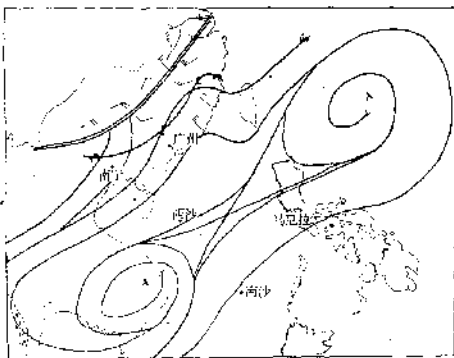


图1 1990年3月29日08时850hPa 综合流场图

整个过程中,静止锋锋面位置一直在南岭山地摆动,未南压到沿海地区,故广州地区一直处在锋前暖区内(图2)。

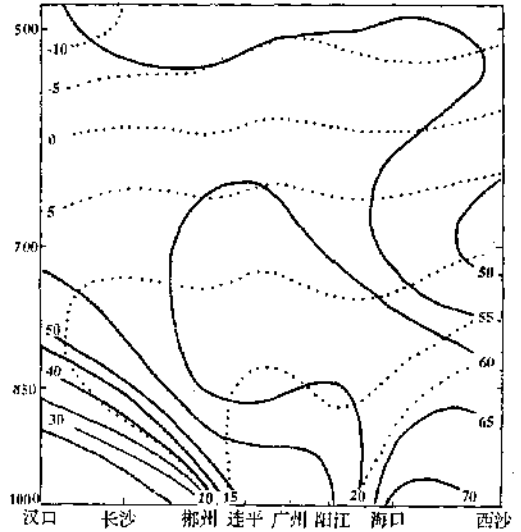


图2 1990年3月27日08时汉口—广州—西沙剖面图(C)

实线为6se,虚线为温度

3 降水云的宏观特征与地面降水场

对广州测站来讲,这次过程在7天中共出现超过1mm 的较明显降水7次(见表1)均为阵雨或雷阵雨。降水回波性质表明7次降水全都是对流云降水,前期回波顶高较低回波也弱些,中后期回波较强且顶亦有增高,回波形态均为带状或有组织的单体群,均向偏东方向缓慢移动。其中以3月31日午夜的一次雨量最大,降水持续时间也较长。

表1 降水及回波情况简表

日期	起止时间	雨量/mm	最大顶高/km	中心强度/dBz
3.26	06 ⁴⁵ —09 ⁴⁵	4.6	4	30
3.28	12 ⁴⁷ —15 ⁰⁷	1.7	5	30
3.29	09 ⁵¹ —11 ³⁷	6.3	10	48
3.30	02 ³⁵ —08 ³¹	3.3	10	50
3.31	16 ²⁸ —18 ⁵⁰	2.6	10	50
3.31	23 ¹⁰ —01 ⁵⁵	15.5	15	45
4.1	11 ¹⁸ —11 ⁴²	1.6	6	40

从逐时雨量场来分析,可以发现在这一降水过程中除锋前暖区雨带中的多个雨团结

构外(图略)还有单体降水的形式(图略),表明了锋前暖区降水结构的多样性。

4 降水的微物理特征

对过程中7次主要降水的微物理特征进行了分析(表2,其中3月31日午夜与4月1日白

表2 华南准静止锋前暖区内降水的微物理特征

时 间	样品数	$N/\text{个}\cdot\text{m}^{-3}$	D/mm	$I/\text{mm}\cdot\text{hr}^{-1}$	$Z/\text{mm}^6\cdot\text{m}^{-3}$	$W/\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	D_{max}/mm
3.26	19	213.2	0.98	5.94	7319.9	0.26	4.3
3.28	12	77.0	0.98	1.62	4951.4	0.08	7.3
3.29	18	160.5	0.92	3.78	6303.8	0.17	5.3
3.30	30	65.6	0.98	1.45	1355.2	0.07	4.1
3.31	6	37.6	0.90		112.4	0.02	2.5
3.31—4.1	42	239.4	0.89	3.46	2751.0	0.17	4.5
平均	118	154.2	0.92	2.86	3414.9	0.13	7.3

5 雨水的 pH 值,电导率与化学组成

我们将收集的雨水现场测定了 pH 值与电导率,并分析了主要的离子成份,各次降水的平均情况如表3。我们看到这一降水过程雨水的 pH 值比较低,平均为4.43,低于目前的酸雨标准($pH < 5.6$),最小值为3.75,最大值5.75,在58个样品中,有57个 $pH < 5.6$,占98.3%, $pH < 5.0$ 的也占到89.7%,而 $pH < 4.0$ 的强酸雨还占13.8%,可见广州地区春季华南准静止锋降水造成酸雨危害的严重性。电导率平均为 $57.7\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$,表明雨水中离子浓度总水平并不太高。各次降水间离子浓度

天合并统计),我们发现,锋前暖区内对流云降水的雨滴浓度不大,但平均直径较大,最大曾观测到7.3mm的大滴,其中3月31日午夜的降水量大主要是由于雨滴浓度较大及降水时间较长所致。

的分布趋势比较相近,在阴离子中以 NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} 的浓度较高, F^- 的浓度相对较低;在阳离子中以 NH_4^+ 的浓度最高,其次是 Na^+ , 然后是 K^+ , Ca^{++} , 而 Mg^{++} 的浓度很低。这与南海海域西沙群岛降水中以 Cl^- , Na^+ 占明显优势, Ca^{++} , Mg^{++} 浓度亦很高的情况有很大不同^[2], 与我国大陆 SO_4^{2-} 与 NH_4^+ 占优势的情况也很不一样^[3], 反映了我国低纬沿海地区降水化学性质的特点。其中突出的一点是这个降水过程 NO_3^- 离子浓度甚高, 占阴离子浓度的第一位, 与 SO_4^{2-} , Cl^- 的含量相当。

表3 雨水的 pH 值,电导率与离子浓度/ $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$

日期	样品数	pH	电导率/ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	F^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Na^+	NH_4^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
3.26	5	5.12	83.4	25.8	47.4	52.3	83.5	35.7	249.3	26.9	29.8	4.3
3.28	5	4.57	55.5	12.1	56.0	47.2	37.2	42.6	118.1	35.4	29.7	4.1
3.29	10	4.13	63.8	14.0	34.2	44.6	40.6	21.7	119.7	20.7	19.2	2.4
3.30	10	4.23	54.6	15.3	35.4	47.2	2.7	29.7	96.9	23.1	18.2	2.6
3.31	3	4.11	50.4	1.1	32.5	55.2	20.9	31.6	113.0	19.6	13.0	2.5
3.31—4.1	22	4.47	45.2	7.5	43.1	45.8	28.5	38.2	99.6	23.9	20.3	3.4
4.1	3	4.10	101.7	20.4	61.6	79.8	8.7	51.1	198.8	39.6	41.8	7.4
平均	58	4.43	57.7	12.1	42.1	48.9	40.6	34.5	128.6	24.6	22.0	3.4

6 气溶胶在降水前后的变化特征

由于时间相对较长并有足够雨量的降水才会对气溶胶有明显的冲刷效应,故以本次降水过程中雨量较大的降水为界,将在降水前与降水后采集的气溶胶样品进行了对比,见表4。我们可以看到无论是降水前后,气溶

胶中水溶性成分以 SO_4^{2-} , Cl^- , NH_4^+ , Ca^{++} 居多数,说明在气溶胶中除不可溶的矿物成分外,主要由硫酸盐与海盐成分组成。据初步估算,本次降水对总气溶胶清除了45.4%,在阴离子中,对 Cl^- , F^- , NO_3^- 的清除较明显,达49.4%至71.1%, SO_4^{2-} 仅被清除了15.5%;对

阳离子的清除率大多在20%左右,仅Na⁺是例外,降水前后浓度无大变化,未见明显清

除。以上情况反映了锋前暖区内积云降水对气溶胶清除的例子。

表4 降水前后气溶胶浓度与化学成分的变化

时段	总质量/ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	离子浓度/ $\text{neq}\cdot\text{m}^{-3}$								
		F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
降水前	137.1	18.0	349.7	108.3	467.6	74.1	443.5	218.1	560.3	58.2
降水后	74.9	8.2	101.1	54.8	395.3	77.0	354.8	179.2	418.6	46.7
减少率(%)	45.4	54.4	71.1	49.4	15.5	-3.9	20.0	17.8	25.3	19.8

7 讨 论

7.1 降水微物理特征演变规律

为详细研究降水发展过程中的微物理特征,我们选取了3月31日午夜那次雨量最大、持续时间较长的降水为例,将各微物理特征量随降雨时间的变化绘于图3。我们看到,开始降雨时雨滴浓度并不大,但雨滴平均直径比较大,雨滴主要由 $D\geq 0.4\text{mm}$ 的滴组成,降雨中期雨滴浓度明显加大,而且一半以上是 $D< 0.4\text{mm}$ 的小滴,而后雨滴尺度明显减小,浓度下降,直至降水停止。总的来看,降水初期雨滴浓度低而尺度大,至降水中期浓度明显增大,此时段含水量最大,至后期雨滴尺度明显变小,是主要特点。其它几次降水也有

相类似的规律。

表5列出本次过程各次降水雨滴浓度与最大滴直径出现频率,这几次积云降水雨滴浓度大多不高,仅3月31日午夜那次降水出现过高浓度雨滴;最大滴均比较小,大多在3.0mm以下。说明该季节锋前暖区内的积云降水发展得不如夏季充分^[1]。

我们统计了这个过程的118份雨滴谱谱型出现频率,其Ⅲ型谱(多峰谱)出现频率最高,达67.5%,其次是Ⅱ型谱(单峰谱),出现频率为29.8%,极少出现Ⅰ型谱(无峰谱),出现频率仅占2.6%,与广州地区夏季小阵雨的情形相似^[1]。

表5 雨滴浓度与最大滴直径出现百分率/%

日期	样本数	雨滴浓度/ $\text{个}\cdot\text{m}^{-3}$				最大滴直径/mm					
		0-100	100-300	300-500	>500	0.1-0.99	1.0-1.99	2.0-2.99	3.0-3.99	4.0-4.99	>5.0
3.26	10	10	70	20	—	10	20	30	20	20	—
3.28	12	67	33	—	—	—	25	33	33	—	8
3.29	18	39	50	11	—	6	39	22	11	7	6
3.30	30	77	23	—	—	3	33	27	30	7	—
3.31	6	100	—	—	—	50	17	33	—	—	—
3.31-4.1	42	43	31	5	21	10	40	29	12	10	—
总计	118	53	34	5	8	8	34	28	19	9	2

将这个过程的各次降水的实测平均谱分布点绘于图4,我们看到其峰值直径在0.6mm处,谱型表现了多峰谱的特征,连续谱宽可达4.2mm。对本次华南静止锋锋前暖区内阵雨雨滴谱序列配置了 $Z=AI^b$ 关系式与 $W=AI^b$ 关系式,如下:

$$Z = 375I^{1.41} \tag{1}$$

$$W = 0.0580I^{0.86} \tag{2}$$

相关系数分别为0.9700与0.9925,与广州夏

季小阵雨比较相似^[1]。

何珍珍等报道过雨滴谱特征量与雨水pH值有较密切关系^[6],我们将这个过程中各次降水的雨滴谱按照不同pH值分类统计,如表6。从表中看到,当pH值很低时($pH\leq 4.0$),雨滴浓度与平均直径都很小,对应的雷达反射率也低,雨强与含水量也很低。随pH增大,雨滴浓度增加,尺度加大($pH\geq 5.0$ 的平均直径与最大直径偏小系因资料样

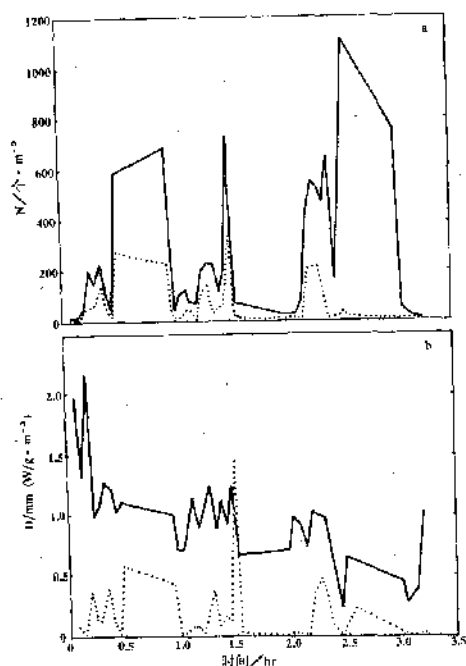


图3 1990年3月31日午夜降水微物理特征变化

a: 雨滴浓度(虚线为 $D > 1\text{mm}$);

b: 雨滴平均直径(实线)与含水量(虚线)

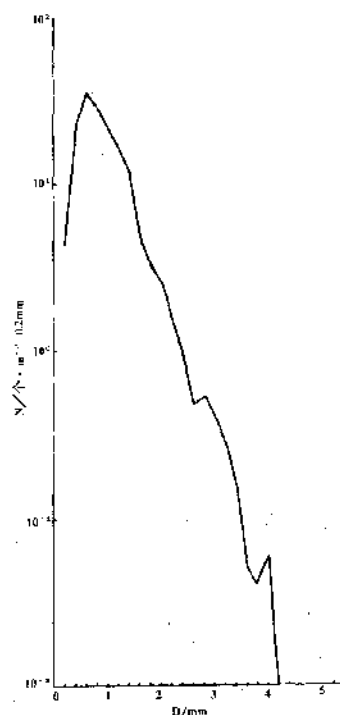


图4 本过程雨滴平均谱

本太少,代表性较差所致),雷达反射因子 Z 值与雨强、含水量均加大。总的来看,雨滴越小,雨强越小,雨水的 pH 值越低,这与文献 [6] 报道的相一致,可以用小滴的比截面积较大

(表面积与体积之比),更易于吸收溶解大气中的酸性物质;而其扫过的大气体积较小,捕获气溶胶粒子的捕获效率低,减少了碱性气溶胶的中和效应这两个原因来解释。

表6 按不同 pH 值分类的雨滴谱特征量

pH 范围	样品数	$\bar{N}/\text{个}\cdot\text{m}^{-3}$	$N(D>1\text{mm})$	$\bar{D}/\text{mm}$	$\sqrt[3]{\bar{D}^3}/\text{mm}$	$Z/\text{mm}^6\cdot\text{m}^{-3}$	$I/\text{mm}\cdot\text{hr}^{-1}$	$\bar{W}/\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	D_{max}/mm
≤ 4.0	24	115.4	94.9	0.80	0.92	485	1.06	0.06	3.3
4.0—5.0	80	161.2	111.0	0.96	1.10	4202	3.33	0.15	7.3
≥ 5.0	14	180.7	137.7	0.82	0.97	3942	3.33	0.15	4.4

7.2 化学成分的讨论

首先我们来讨论一下雨水中的离子成分的可能来源,我们还是先定义富集度因子^[4]:

$$EN_i = \frac{X_{i,r} \cdot X_{F,G}}{X_{i,G} \cdot X_{F,r}} \quad (3)$$

式中, X 指某种物质的浓度,脚标 i 指任一离子成分, F 指参比离子成分, G 指土壤(对气溶胶)或气溶胶(对雨水), r 指雨水或土壤。

对气溶胶选择 F^- 为参比离子成分,对雨水选择 Na^+ 为参比离子成分,将结果列于表7。表中同时给出了气溶胶的情形,我们看到,相对于气溶胶而言,这次降水过程中雨水中的离子成分基本与气溶胶有关。气溶胶中水溶性成分的情况是,阳离子 Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} 相对于土壤而言均有富集现象,而 SO_4^- , Cl^- 亦有不同程度的富集,其中富集较

明显的是 NH_4^+ 。这里 Cl^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{++} 应主要与海洋环境有关,而 Ca^{++} 除与海洋环境有关外,与局地人为因素亦可能有关系。 NH_4^+ 在气溶胶中的明显富集现象值得注意。这个例子说明,雨水中的离子成分与气溶胶关系密切,某种成分的富集主要表现在气溶胶中,然后再迁移到雨水中去。

表7 本次降水过程雨水与气溶胶的富集因子

	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
雨水	2.0	0.4	1.3	0.2	1	0.3	0.1	0.1	0.7
降水前气溶胶	1	3.5	1.6	1.8	1.9	6.3	5.3	5.0	15.0
降水后气溶胶	1	2.2	0.5	3.4	4.3	11.3	8.7	8.8	26.3

为研究降水发展过程中,雨水化学性质的演变,我们选取典型的例子(3月31日午夜)绘于图5。我们看到在整个降水过程中,随着雨强的3次较大起伏, pH 值与电导率及主要的离子成分也出现了3次相应的起伏,即当雨强增大时,电导率与诸离子浓度减小;雨强减小时,电导率与诸离子浓度增加,这种反相关关系对应得比较好,可用雨水的稀释过程来解释。 pH 大致上与离子浓度有反相关趋势。从各种离子的变化趋势来分析, Cl^- 、 Na^+ 的关系非常密切, SO_4^{2-} 与 K^+ 、 Ca^{++} 有一定关

系。通过雨水中各离子间的相关分析(表8)发现, $\text{Cl}^- - \text{NO}_3^- - \text{Na}^+ - \text{Mg}^{++}$ 、 $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{++} - \text{Mg}^{++}$ 、 $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{Mg}^{++}$, 是3组关系密切的离子成分组,应主要与海洋环境有关, $\text{F}^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{NH}_4^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-} - \text{Ca}^{++} - \text{Mg}^{++}$, 是另两组关系密切的离子成分组,似与大陆环境与人类活动产生的污染物质有关联。总的看来,雨水中离子浓度与雨强呈反相关趋势,与电导率有很好的正相关,而与 pH 有反相关趋势,在整个降水过程中,诸离子浓度间的比例比较稳定。从表9中看到,雨水与气溶胶中水溶性成分阴离子偏少与限于条件未测有机酸与碳酸有关^[5]。值得注意的是,雨水对气溶胶中阴离子的清除率较高(参看表4),致我们所测气溶胶诸离子中, Σ^- / Σ^+ 自降水前的69.7下降到降水后的56.0,这可能是本次过程雨水酸度较大的原因之一。

表8 雨水中各离子成分的相关系数

	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
F ⁻	1	0.15	0.09	0.68	0.12	0.47	0.10	0.43	0.17
Cl ⁻		1	0.41	0.38	0.87	0.24	0.63	0.45	0.81
NO ₃ ⁻			1	0.27	0.46	0.26	0.13	0.12	0.44
SO ₄ ²⁻				1	0.31	0.60	0.27	0.61	0.48
Na ⁺					1	0.18	0.42	0.42	0.82
NH ₄ ⁺						1	0.22	0.26	0.28
K ⁺							1	0.29	0.44
Ca ⁺⁺								1	0.53
Mg ⁺⁺									1

表9 雨水($\mu\text{eq/l}$)与气溶胶($\text{mg}\mu\text{eq/m}^3$)中离子平衡情况

	Σ^-	Σ^+	$\Delta\Sigma$	Σ^- / Σ^+
雨水	143.7	213.1	-69.4	67.4
气溶胶(雨前)	843.6	1354.2	-410.6	69.7
气溶胶(雨后)	559.4	999.3	-439.9	56.0

8 小结

8.1 春季华南准静止锋暖区内的积云降水除有组织的雨团结构外,还存在单体降水的形式。雨滴浓度不高,平均为159个/ m^3 ,平均

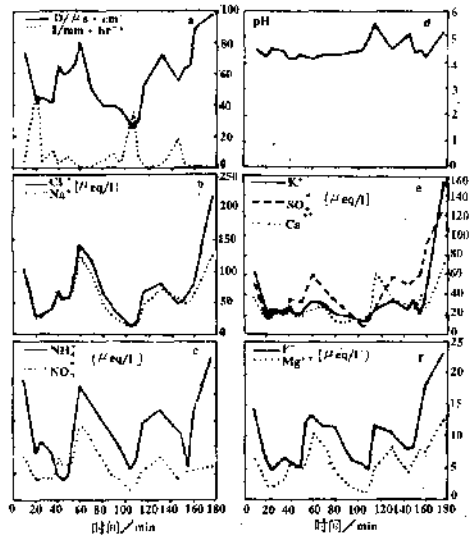


图5 1990年3月31日午夜降雨化学性质变化

直径0.92mm,含水量 $0.14\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,最大观测到7.3mm的大雨滴。雨滴谱型以多峰谱为主,极少出现无峰谱。

8.2 雨水 pH 值较低,平均为4.43,雨水样品中有98.3%低于酸雨标准($pH < 5.6$)。雨水电导率平均 $57.7\mu\text{S}/\text{cm}$,离子中以 NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , Na^+ 的浓度较高。

8.3 这次降水使低层气溶胶总质量减少了45%左右,对 Cl^- , F^- , NO_3^- 的清除率较高。

8.4 降水开始时雨滴浓度低而尺度大,随后浓度明显增大,含水量加大,致雨强增加,并可出现2到3次起伏。而后浓度下降,雨滴尺度明显减小直至降水停止。雨滴谱配置的 $Z-I$ 关系与广州地区夏季小阵雨比较接近, $W-I$ 关系也与后者相近。

8.5 由于气溶胶中阴离子被雨水清除的效率较高(主要是 NO_3^-),而阳离子的清除率

低,导致雨水 pH 下降,这可能是本次过程雨水酸度较大的原因之一。

8.6 雨水中离子浓度与电导率有很好的正相关,而与雨强呈反相关,这主要起因于雨水的稀释效应。小雨滴更酸,与小滴比截面较大有关。

参考文献

- 1 吴兑. 广州地区1984年6月小阵雨的微物理结构. 气象, 1989, 15(5): 16—22.
- 2 吴兑等. 西沙永兴岛降水的酸度及其化学组成. 气象学报, 1989, 47(3): 381—384.
- 3 王润彪等. 本底污染区域监测站降水化学的一些监测结果. 气象, 1988, 14(11): 9—12.
- 4 吴兑等. 西沙群岛旱季小阵雨的酸度及化学成分. 气象, 1990, 16(9): 18—22.
- 5 沈志来等. 西太平洋热带海域雨水化学组成. 大气科学, 特刊, 1988, 328—332.
- 6 何珍珍等. 雨水酸度与降水物理特性的关系. 大气科学, 1985, 9(4): 442—446.

Physical and Chemical Characteristics of Precipitation within the Warm Sector of a Quasi-stationary Front in South China

Wu Dui Gan Chunling Chen Weichao You Jiping

(Guangzhou Institute of Tropical and Oceanic Meteorology, Guangzhou, 510080)

Abstract

The results are presented of a comprehensive observational analysis of physical and chemical characteristics of precipitation within the warm sector of a quasi-stationary front in South China. It is found that (1) inside the warm sector the mild raindrop concentration in the cumulus rainfall is associated with reasonably large drop diameter, with spectral pattern dominated by multiple peaks; (2) the pH value of the rainwater is low, averaging at 4.43, and NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ and Na^+ are highly concentrated among the compositions of ions; (3) the scavenging rate for this rainfall is 45% of the total mass of aerosols, especially higher for Cl^- , F^- and NO_3^- ; (4) because the scavenging rate is large for the anion (mainly NO_3^-) and small for the cation in the aerosols, the pH value is decreased, becoming one of the causes for the relatively higher acidity in the rainwater in this process of precipitation.

Key Words: size-distribution of raindrops rainwater acidity aerosol rainwater chemical composition