

西沙永兴岛降水的酸度及其化学组成*

吴 兑 项培英 常业谛

(广东省热带海洋气象研究所) (广东省测试分析研究所)

甘春玲 毛伟康 张森才

(广东省热带海洋气象研究所)

本文对 1987 年 5 月在西沙永兴岛的雨水采样进行了分析。在西南季风盛行初期, 副热带高压控制下的孤立分散的积雨云降水中, 采集了雨量大于 0.1mm 的 5 次降雨。采样点设在西沙气象台二楼平台上, 距海面约 13 m, 向西距海岸边约 70 余米; 每次采样用一直径 45 cm 的塑料盆(用去离子水冲洗 3 次), 现场测定 pH 值和电导率, 水样装入洁净的聚乙烯塑料瓶中存入冰箱。同期, 每隔一周取海水样品一次。pH 值使用 PHB-29c 型酸度计测定, 电导率由 DDS-11 A 型电导率仪测定, F^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{--} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ 由离子色谱法测定, Ca^{++} , Mg^{++} 由原子吸收分光光度法测定(全岛为珊瑚磷灰质黑色土复盖, pH 值 >7.5)。

1. 降水的 pH 值与电导率

将观测 5 次降水的 pH 值与电导率列于表 1 中, 其中平均数值使用雨量加权法求得。从表 1 可见, 这 5 次小雷阵雨降水时间短, 雨量不大, 但雨强较大, 达 0.7—7.2 mm/h; 从 2 次雨滴谱资料看, 雨滴数密度较小而雨滴尺度较大; 5 次样品中的 pH 值在 7.0 左右(6.54—7.65)。在我国南方, 大多数城市的降水是偏酸性的, 而且出现酸雨的频率较高。表 2 给出了我国南方部分地区同一季节的结果。我们看到长江以南城市中酸雨出现频率较高, 而且有的酸度较高, 甚至出现 pH 小于 4.0 的强酸雨; 而福建石塔山与西沙永兴岛的降水 pH 值在 7.0 附近, 前者代表了福建沿海地区的自然背景值^[2], 而后者可代表南海腹地西南季风开始盛行时的自然背景值, 与印度洋季风雨的值十分接近^[6]。

表 1 永兴岛 1987 年 5 月降水的 pH 值和电导率

样品号	取样日期	降水时间 (min)	雨 量 (mm)	雨 强 (mm/h)	pH 值	电 导 率 ($\mu S/cm$)	雨滴平均浓度 (个/ m^3)	雨滴平均直径 (mm)
1	5月15日	20	0.3	0.9	7.15	54	223.6	0.61
2	5月18日	25	0.3	0.7	7.00	137	32.5	0.89
3	5月19日	15	0.6	2.4	7.65	160	—	—
4	5月29日	35	4.2	7.2	6.54	35	—	—
5	5月30日	17	0.7	2.5	6.86	41	—	—
平 均		22	1.2	2.7	6.74	54	—	—
海水 4 次平均					8.12	5110	—	—

永兴岛这 5 次降水的电导率在 35—160 $\mu S/cm$ 间变化, 平均 54 $\mu S/cm$, 略高于印度洋季风雨的 35 $\mu S/cm$ ^[6]。与 pH 值似有正相关(相关系数 0.76), 这与王木林等分析长江流域及以南城市的降水电导率有所不同^[6], 估计在我国大陆的城市中, 大气中气溶胶粒子的来源十分复杂, 造成降水中离子

*本文于 1987 年 11 月 19 日收到, 1989 年 4 月 1 日收到最后修改稿。本工作是国家气象局科学基金云物理项目的资助课题。

表 2 南方部分地区的降水 pH 值

地 区	时 间	$\overline{\text{pH}}$	样 品 数	酸雨频率 (%)	备 注
南京 ^[1]	1982年 5 月	5.87	6	33.3	各类降水
福州 ^[2]	1983年 5 月	3.75	3	100.0	雷 雨
古田 ^[2]	1983年 5 月	5.47	9	55.5	雷 雨
广州 ^[3]	1984年 5 月	5.17	19	78.9	各类降水
石塔山 ^[4]	1982年 5 月	6.95	22	0	层积混合云降水
石塔山 ^[2]	1983年 5 月	6.80	3	0	雷 雨
永兴岛	1987年 5 月	6.74	5	0	雷 雨
MINICOY ^[5]	1979—1982年 6 月	6.75	—	—	季 风 雨

成分的多样性因而导致了电导率与 pH 值相关不明显；而在南海腹地，大气中气溶胶大多数由于海气物质交换所产生，一般较少受到人为因素的影响，而海洋源的气溶胶中碱性物质较占优势，如果某次降水清除了较多的气溶胶，可能造成 pH 值偏碱性而电导率亦加大的现象。如清除的气溶胶较少，会使 pH 值较低而电导率亦会保持在较低水平上。

2. 降水的离子组成

我们对这 5 次降水水样的阴、阳离子浓度进行了分析，平均值使用雨量加权法求取，结果如表 3 所示。我们看到，雨水中的 Cl^- 占阴离子含量的第一位， Na^+ 占阳离子含量的第二位，而且无论每个个

表 3 永兴岛 1987 年 5 月雨水中的离子浓度 ($\mu\text{eq/l}$)

样 品 号	雨 量 (mm)	NH_4^+	K^+	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}	F^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{--}
1	0.3	10.0	23.6	142.2	251.2	16.4	7.9	143.0	21.5	44.4
2	0.3	9.4	19.5	478.7	445.2	115.2	痕量	407.8	26.9	97.6
3	0.6	1.7	36.4	547.8	495.2	126.0	痕量	445.1	36.1	122.0
4	4.2	5.0	4.4	71.7	146.8	24.0	痕量	45.7	16.1	37.2
5	0.7	11.1	12.1	97.0	160.0	26.4	痕量	76.4	1.1	39.2
平 均	1.2	6.1	10.0	144.8	202.4	38.4	0.4	111.2	17.1	49.2
大洋水 ^[7]	—	—	10 231	468 826	20 600	106 484	68	545 793	—	565 00

例或平均值，这两种离子浓度均基本保持平衡； Cl^- 与 Na^+ 之比值(当量比，下同)为 0.77，略低于大洋水的 1.16；各种离子浓度的顺序与海水有一定对应关系，但又不是海水的简单稀释；因为从海水到雨水中间还要经过海洋物质向大气的输送，大气气溶胶在大气中的滞留，转化，云、雨对气溶胶的清除等复杂过程。以上事实都反映了洋面上降水清除的气溶胶粒子源于海洋的特性。另外，降水中钙离子含量也较高，可能与该海区广泛分布的钙质珊瑚群礁及珊瑚砂有一定关系；各种离子浓度随雨量增加而减少。永兴岛降水的离子浓度与印度洋 Minicoy 在西南季风盛行时的结果十分接近；如果与国内大陆上不同地区的降水成分进行比较可以发现，永兴岛降水中 Na^+ 与 Cl^- 含量明显高于我国南方各地与东北和西北地区的例子； K^+ ， Ca^{++} ， Mg^{++} 也高于上述地区，这些离子在海水中的浓度都非常高，应来自于海洋环境。永兴岛 Cl^- 与 SO_4^{--} 之比为 2.3，而其它地区只有 0.08—0.92；仅有永兴岛是 Cl^- 含量高于 SO_4^{--} 与 NO_3^- 含量之和；永兴岛降水中的 NH_4^+ 和 F^- 又明显少于上述地区，这是因为这两种离子是陆源性的；从而反映了永兴岛所具有的海洋上降水的特点。此外，永兴岛 SO_4^{--} 与 NO_3^- 的

表 4 不同地区降水中的离子浓度 ($\mu\text{eq/l}$)

地 区	时 间	样品数	NH_4^+	K^+	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}	F^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{--}
永兴岛 MINICO-Y ^[5]	1987年5月	5	6.1	10.0	144.8	202.4	38.4	0.4	111.2	17.1	49.2
	1979—1980年 6月	—	17.2	7.7	156.1	65.2	56.8	—	105.2	—	19.6
石塔山 ^[4]	1982年5月	—	—	1.5	2.6	—	2.4	—	—	—	0.8
南 京 ^[1]	1982年	—	—	4.9	10.4	—	12.8	—	8.7	16.0	102.8
福 州 ^[4]	1982年5月	—	—	0.3	2.8	—	3.6	—	—	—	117.2
广 州 ^[3]	1984年6月25 日	1	—	2.6	8.3	29.6	2.8	23.2	42.9	18.7	74.0
长 春 ^[8]	1983—1984年	10	79—302	2—19	4—35	—	—	10—24	22—35	5—63	24—160
宁 夏 ^[9]	1981年6月	10	44.4	—	—	—	—	—	53.9	70.6	344.8

含量高于大陆上较清洁地区(如石塔山)而低于有工业污染可能的城市(如广州、福州、南京);该岛这几个样品中 NO_3^- 较高应与雷雨云中电火花使 NO_2 的合成有关。 SO_4^{--} 与 NO_3^- 之比大约为 2.9:1, 可能反映了海洋上雷雨降水这两种离子的自然本底水平, 这个比值低于南京的 6.4:1^[1] 与广州的 4.0:1^[3] 及宁夏的 4.9:1^[9], 比值较高的三个地区都不可能排除燃煤型工业污染的可能性。

3. 小结

1) 样品中的 pH 值在 7.0 左右, 电导率平均为 $54 \mu\text{S/cm}$, 代表了西南季风开始盛行时南海海域小雷阵雨降水的自然背景值, 根据文献^[10]可以推断该海区在考察期间大气气溶胶略偏碱性。

2) 西沙永兴岛雨水样中氯离子与钠离子占优势, 分别占阴离子总数的 62.5% 和阳离子总数的 36.1%, 钙离子含量也很高, 其次是硫酸根离子, 这与海洋水组分中的主要成分氯化物与硫酸盐有直接关系, 这两类物质通常占溶于海水元素总量的 99%^[11]。这与我国大陆上的降水中以硫酸根离子与铵离子占优势的情况有很大不同。该岛雨水样中氯离子与钠离子基本平衡。与大陆上各地区相比, 氯离子含量比南京的高一个量级, 是长春的 3—5 倍, 广州的 3 倍, 宁夏地区的 2 倍。广州较高的氯离子含量与其近海及工业生产有一定关系; 而宁夏氯离子含量较高与其广泛分布的地表盐碱土有关。总之, 永兴岛降水中氯离子的高含量证实了大气中氯离子主要源于海洋的观点。此外, 雨水中离子含量随雨量增大而减少与雨水冲刷和稀释机制有关。

3) 永兴岛 1987 年 5 月的降水 pH 值与降水中化学组分表明, 没有受到来自中南半岛的酸性物质远距离输送影响的迹象。

参 考 文 献

- [1] 莫天麟等, 南京市降水酸度及若干离子的测定, 大气科学, 9, 2, 211—215, 1985。
- [2] 邓家铨等, 高山云雾水及降水 pH 值的初步考察, 环境科学, 6, 1, 6—11, 1985。
- [3] 杜杰等, 广州市区酸雨初探, 热带气象, 3, 2, 142—149, 1987。
- [4] 莫天麟等, 降水化学成分的考察与研究——(1)福建石塔山, 气象学报, 42, 2, 246—249, 1984。
- [5] A.K.Mukherjee, Krishna Nand, B.mukhopadhyay and S. G. Ghanekar, Rainwater chemistry over Indian sea areas during monsoon season, MAUSAM, 37, 2, 173—178, 1986。
- [6] 王木林等, 杭州、南京、南宁、合肥等地 1981 年酸雨观测结果及其初步分析, 环境科学, 5, 4, 52—54, 1984。
- [7] H.D.霍兰, 大气和海洋化学, 初汉平等译, 科学出版社, 156, 1986。
- [8] 陈德林等, 不同城市的雨水酸度分析, 气象, 12, 10, 17—20, 1986。
- [9] 吴兑, 宁夏 1981 年夏季降水的诸离子浓度特点, 宁夏气象, 1984 年第六期, 47—50。
- [10] 王明星, 北京地区的非酸性降水和气溶胶, 气象学报, 43, 1, 45—51, 1985。
- [11] 陈国新, 地学基础手册, 测绘出版社, 223, 1984。

THE ACIDITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF PRECIPITATION OVER YONGXING (XISHA ISLANDS) IN MAY, 1987

Wu Dui

(Guangdong Institute of Tropical Marine Meteorology)

Xiang Peiying Chang Yedi

(Guangdong Institute of Testing and Analysing)

Gan Chunling Mao Weikang Zhang Sencai

(Guangdong Institute of Tropical Marine Meteorology)

Abstract

In this paper, samples from thunder showers controlled by subtropical high during the south-west summer monsoon, observed in Yongxing (Xisha islands) during May, 1987, are analyzed. The pH values of all samples are about 7.0. The concentrations of chlorine and sodium ions are large, about 62.5% and 36.1% of the negative ions and positive ions respectively. The ratio of chlorine to sulfate ions is 2.3, different from that observed over land in our country. These results may represent the chemical composition of precipitation over South China Sea region for atmospheric science and environmental science.

新 刊 信 息

中国科学技术期刊编辑学会主办的《编辑学报》已经正式出版。

《编辑学报》是有关编辑学的综合性学术期刊，报道国内外有关编辑学，主要是科技期刊编辑理论研究成果，交流编辑实践经验，为培养编辑人才，提高期刊质量，促进科技交流服务。本刊设有理论研究、专题报告、编辑工程、期刊管理、出版知识、科技文章写作、海外信息、书刊评介等。

读者对象，主要是科技编辑人员，撰写各类科技文章的科技人员，大专院校编辑专业的师生等。

《编辑学报》为季刊，国内定价每本 2.00 元，全年 4 期，共计 8.00 元，本会团体和个人会员 9 折优惠。订阅者请邮局汇款至“100081，北京海淀区学院南路 86 号 716 室中国科学技术期刊编辑学会发行组”。