

降水化学成分的考察与研究—— (I)福建石塔山*

莫 天 麟**

(南京大学气象系)

邓 家 铨

赵 亢 生

(福建省气象科学研究所)

(华东水利学院)

降水化学是大气化学的重要内容之一。降水的化学成分既与云雾降水过程有关,又与大气污染程度密切相关,在目前酸性降水的研究中,也必须了解和研究其化学成分。在世界各地已有许多科学工作者^[1-4]研究了降水化学。近年来,国内在降水化学成分测量上已有不少工作^[5],我们也对降水的某些成分作过测量^[6-8],但一般都是在有大气污染的城市地区进行的。显然,为了弄清自然降水化学成分的背景浓度,需要在没有局地污染源的自然环境中进行采样。但迄今国内这方面的研究工作开展甚少,资料也寥寥无几。逐步开展降水化学成分背景浓度的观测、资料积累和研究工作,对大气科学或环境科学都有重要的积极意义。为此,我们于 1982 年 5 月对福建石塔山的降水化学成分作了考察。本文介绍这次考察的分析结果。

1. 取 样 概 况

为了得到自然降水化学成分的背景浓度,我们把采样点选择在闽北石塔山顶,它位于建瓯县和古田县交界处(26°37'N, 118°33'E),海拔高度 1625 米,四周群山环绕,植被覆盖良好,方圆数十公里内没有大工业污染源,是一个较为理想的自然环境。对照采样点设在福州市区乌山(福建省气象台观测场)。1982 年 4 月底至 5 月底,我们在石塔山顶云雾降水考察站,收集每次降水的样品。收集样品的容器为直径 50 厘米、高 15 厘米的洁净的聚乙烯塑料盆。将容器放在考察站的房顶平台上,收集带干沉降和不带干沉降(即湿沉降)两种降水样品。收集湿沉降的容器仅在降水期间暴露;而收集带干沉降降水样品的容器在上次降水停止时就开始暴露,直至下一场降水时连同湿沉降一起取回。将这两种样品加以分析测定,以资比较。除 pH 在现场测定外,对硫酸根、碳酸氢根以及钠、钾、镁、铜、铅、锌、锰和镍等 8 种金属元素含量的测定,是把降水样品带回实验室中进行的。

考察期间,太平洋副高脊西伸到 120°E,南海附近,地面极锋也多在南岭一带。福建

* 本文于 1982 年 10 月 25 日收到, 1983 年 4 月 19 日收到修改稿。

** 南京大学气象系 82 届毕业生谭大鹏参加了考察工作。

处于西太平洋副高西部边缘的西南气流中,对流层下部经常维持一条切变线,南、北两股气流势均力敌,形成拉锯状态。这时期的天气特点是:云多,相对湿度大,雨量充沛,降水多属连续性,也有阵雨和雷阵雨,是属于一种大范围的降水过程。从云系来看,属于层状云或层积云和混合云降水。在 17 天降水期间,取到降水样品 24 份,其中连续性降水 14 份,阵雨 5 份,雷阵雨 3 份和毛毛雨带浓雾 2 份。在降水采样的同时,还测量风向、风速、气温、湿度、降水量等气象要素。

2. 结果与讨论

1) 降水的酸度 自 1982 年 4 月 29 日至 5 月底,在石塔山云雾考察站收集的 24 份湿沉降样品,其 pH 范围在 6.2~7.8 之间,大多数样品的 pH 在 7.0 左右,接近中性,平均 pH 值为 6.95,未发现酸雨。

在 5 月份还收集了 5 份带干沉降降水样品,其 pH 范围从 6.5~7.5,平均 pH 值为 7.23。图 1 是两种样品的 pH 值对比图。由图可见,在相应的降水时段内,一般带干沉降降水样品的 pH 稍高于湿沉降样品的,这似乎反映在干沉降物质中碱性的相对多些。我们在对福州和南京市降水酸度的调查中,也观测到相类似的现象^[9-10]。

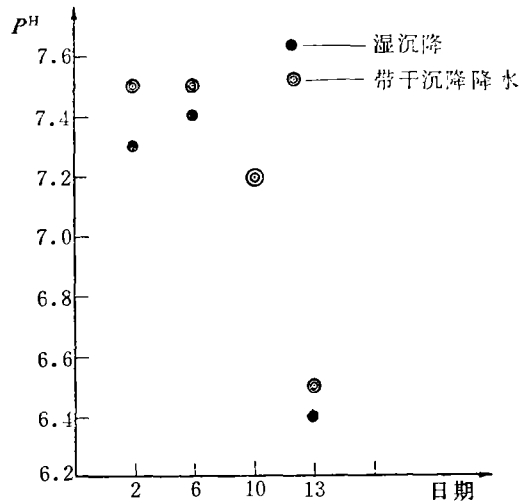


图 1 石塔山 1982 年 5 月份湿沉降与带干沉降样品的 pH 比较

为了比较,我们把 1982 年 5 月份在南京、福州市区和石塔山所进行的降水度调查结果一并列表 1。

从表 1 中三地区降水酸度的调查结果来看,福州市的降水 pH 值最低,月平均为 4.49,降水样品中酸雨出现频率达 100%,可见福州市区湿性污染较严重;其次,南京市,月降水的平均 pH 为 5.75,样品中酸雨出现频率为 37.5%,有一定程度的湿性污染;而石塔山降水的月平均 pH 为 6.95,样品中没有发现过酸雨,因此该地降水的 pH,可以代表未污染自然降水的酸度背景值。从表 1 还可看到,带干沉降降水的酸度,也以福州为最高,平均 pH 为 5.40,酸雨出现频率高达 83.3%;而其它两处带干沉降降水样品没有一份属酸

表 1 石塔山、福州和南京市降水 pH 值比较

地点	降水量 (毫米)	带干沉降 平均 pH	湿沉降 平均 pH	样品份数		酸雨样份数		酸雨出现频率%	
				带干	湿	带干	湿	带干	湿
石塔山	259.4	7.23	6.95	5	22	0	0	0	0
福州	141.4	5.40	4.49	6	14	5	14	83.3	100
南京	30.7	7.07	5.75	5	8	0	3	0	37.5

雨的。由此可见,降水的 pH 值在各地区是不相同的,这与各地区的工业排放,自然地理位置、地形条件以及气象条件等因子有关。

图 2 是石塔山一个较为完整的降水过程中逐时所取样品的 pH 变化图,图 2 上还画出了整个降水过程样品的 pH。由图 2 可见,不同时段降水的 pH 值变化不大,而且经雨量加权平均的 pH 值与整个降水过程样品的 pH 观测值完全相同。而在南京市区的观测中,得到不同时段降水样品的 pH 起伏较大,且经雨量加权平均后的 pH 值与整个降水过程样品的 pH 观测值稍有差异的结果^[9]。

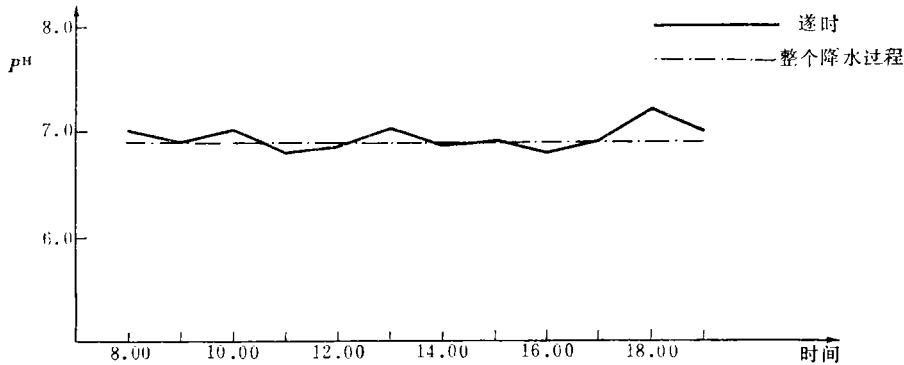


图 2 1982 年 5 月 7 日降水过程中逐时降水样品的 pH

石塔山另一个较完整的降水过程中,逐时取样观测也得到如图 2 那样的结果。这也许反映了未污染自然降水的一种规律:降水过程中 pH 变化较小,降水接近中性。

考察期间在石塔山收集到 3 份雷阵雨样品, pH 分别为 7.0、7.2 和 7.0, 是中性或接近中性的,这也和我们在南京观测到大雷阵雨出现酸雨频率高的结果不同^[5,11],说明雷雨闪电中形成的 NO_x 对降水酸度的贡献是一个极复杂的过程,值得进一步加以探讨。从三个地区同时期降水酸度考察看到,石塔山未出现酸雨,而南京和福州都出现了,这是城市空气污染产生酸雨重要原因的一个很好的佐证。

从表 1 中可以看出,上述三地区带干沉降降水与湿沉降的 pH 平均值的差值是不同的。石塔山,差值为 0.28,福州为 0.91,南京为 1.32。这似乎与降水量有相反的关系,石塔山雨日最多,降水量也最多,采样容器雨前暴露时间相对较短,降水冲刷作用相对较多,加之石塔山常有云雾笼罩,使大气中尘埃相对较少,因而造成差值以石塔山最小;南京雨日、降水量均最少,采样容器雨前暴露时间相对较长,降水冲刷作用相对最少,故南京的差

值最大也是可以理解的; 福州的情况则居中。南京和福州市飘尘量及其成分对降水酸度的贡献, 也是值得加以探求的。

2) 降水中的硫酸根、碳酸氢根和金属元素

现把在石塔山、福州和南京三地同期降水中观测到的硫酸根(SO_4^{2-})、碳酸氢根(HCO_3^-)和金属元素含量范围及其平均值列于表 2。

表 2 1982 年 5 月降水中一些组成的含量 (单位: ppm)

地点	组 成 含量	Na	K	Mg	Zn	Cu	SO_4^{2-}	HCO_3^-
		石塔山	平均含量	0.060	0.058	0.029	0.37	0.004
	含量范围	0~0.75	0~0.38	0.01~0.27	0~4.72	0~0.06	0~2.5	4.8~19.2
福 州	平均含量	0.065	0.01	0.043	0.019	—	5.62	2.2
	含量范围	0~0.28	0~0.16	0.006~0.19	0~0.04	—	0~25.5	0~4.8
南 京	平均含量	0.15	0.18	0.13	0.049	—	6.56	—
	含量范围	痕量~2.46	0.05~0.29	0.01~1.80	0.035~0.079	—	0.83~17.4	—

除表 2 所列的资料外, 南京湿沉降中还存在痕量的 Mn, 在干沉降中 Mn 含量则达 0.56 ppm; 而石塔山和福州的湿沉降中都未检出 Mn, 在干沉降中各发现一份样品含有 Mn, 其含量分别为 0.16 和 0.53 ppm, 都比南京的同类样品中的含量低。

降水组成、含量的差异可能除地区不同原因外, 还由于各地飘尘各尺度中成分不同以及降水形成的复杂性等所造成。

3. 结 束 语

在福建石塔山所作降水化学成分的考察, 是在四周没有大工业污染的自然环境中采样的, 通过考察, 我们得到下列的初步认识:

1) 福建石塔山降水未出现酸雨, SO_4^{2-} 等污染物含量很低, 反映该处大气未受工业污染; 降水接近中性, 可以代表未污染的自然降水。

2) 石塔山降水的化学组成似可代表福建雨季未污染的自然降水的化学组成。

由于这次考察时间较短, 限于条件, 降水中其它化学成分也未作分析测定, 石塔山降水的化学组成也许会随季节而变化, 这些有待今后作进一步的考察。

致谢: 福州进出口商品检验局胡永乐同志帮助测定 SO_4^{2-} , HCO_3^- 含量, 在此谨表谢意。

参 考 文 献

- [1] Ångström, A. and L. Högberg, On the Content of Nitrogen in Atmospheric Precipitation in Sweden II, *Tellus*, 4, 31—42, 271—279, 1952.
- [2] Oddie, B. C. V., The Chemical composition of precipitation at cloud levels, *Q. J. Roy. Met. Soc.*, 88, 535—538, 1962.
- [3] Junge, C. E., *Air chemistry and Radioactivity*. Academic press, New York, 289—346, 1963.
- [4] Yadav, A. K. and G. P. Mishra, Chemistry of rainwater and its contribution to nutrient input in forests of central India. *Tellus*, 31, 463—464, 1979.
- [5] 降水污染和酸雨学术会议材料汇集, 北京, 1981。
- [6] 莫天麟, 雨水中氯化物的观测, 气象, 7, 第10页, 1980。
- [7] 莫天麟、谢国梁, 南京市降水酸度的初步研究, 气象学报, 39, 460—464, 1981。
- [8] 莫天麟、戚苓, 南京降水中氯离子浓度的测定, 环境化学, 1(5), 397—399, 1982。
- [9] 莫天麟等, 降水酸度的初步观测, (尚未发表)。
- [10] 邓家铨等, 福州市雨季降水的酸度资料, 1982。
- [11] 莫天麟、谢国梁, 南京市酸雨成因初探(油印本), 1981。