

临安地区强酸雨的特点

洪盛茂

(临安大气本底污染监测站, 浙江临安 311307)

摘 要 本文对 1985 年至 1994 年监测的强酸雨资料进行研究和分析, 并与一般酸雨进行对比。结果表明, 本地的一般酸雨出现较为频繁; 强酸雨出现增多; 四季中强酸雨频率各不相同, 秋季最高, 夏季最低; 强酸雨的酸沉降量正在逐年增加; 强酸雨的电导率较高, 电导率和 pH 间呈现高度显著的负相关; 强酸雨的降水量一般较小, 并与 pH 间呈现非常显著的正相关; 强酸雨中各离子浓度均高于一般酸雨。

关键词 强酸雨 一般酸雨 酸沉降 相关性

1 引言

目前, 酸雨研究已有很大进展, 但由于酸雨本身的酸度范围很大, 对它的研究仍存在一些薄弱环节, 如酸度很高的降水即强酸雨 (H^+ 浓度 $\geq 100 \mu eq/L$) 的研究就很少, 这主要是因为这种强酸雨出现很少, 如果没有监测到比较充分的数据就难以进行深入的分析研究。杭州地区由于经济发达, 加上地理环境的影响, 是我国酸雨比较严重的地区之一。临安大气本底污染监测站位于杭州地区的西部, 属于丘陵地带。10 年的气象资料表明, 降水时本地的主导风向为偏东北风 (N~ENE), 风向频率为 62.2%。而本地的酸雨有 75.0% 是在该主导风下出现的。上风方还座落着上海等大中城市和一些较大的工业区^[1]。

10 年来, 本站监测到比较丰富的强酸雨数据, 本文对这部分数据进行分析研究, 得到一些有意义的结果。采样点设置及计算见文献[2]。

2 监测结果和分析

在 1985 年至 1994 年的酸雨监测中共采集降水样品 1253 个, 降水总量为 14558.0 mm, pH 值平均为 4.49, 电导率平均为 $23.70 \mu S/cm$ 。其中酸雨样品为 1022 个, 酸雨频率为 81.6%。一般酸雨有 865 次, 频率为 69.0%, 一般酸雨的降水量为 11620.0 mm, 降水量频率为 79.8%, 明显高于一般酸雨的频率。一般酸雨的 pH 值为 4.55, 电导率为 $23.96 \mu S/cm$ 。强酸雨样品有 157 个, 频率为 12.5%, 降水量为 988.2 mm, 降水量频率为 6.8%。pH 均值为 3.84。其中有 57.3% 的强酸雨是在近三年即 1992 年至 1994 年出现的。

本文从强酸雨的变化趋势、年分布、季节分布、电导率变化、降水量变化、化学组

1995-08-23 收到, 1996-02-26 收到修改稿

份变化等方面对强酸雨进行比较深入的研究。并将强酸雨与一般酸雨进行对比分析,以便更好地研究强酸雨的一些变化特点。

根据监测到的酸雨数据所表现出的特征,可以将 10 年分成三个阶段,1985~1986 年为第一阶段,1987~1991 年为第二阶段,1992~1994 年为第三阶段。在分析时,常将第三阶段与前两个阶段进行比较。

2.1 强酸雨的变化特点

2.1.1 强酸雨的变化趋势

一般酸雨的 pH 年均值范围为 4.28~4.74。各年一般酸雨频率在 57.3%~82.8% 之间(见表 1 和图 1)。从表 1 中看到,强酸雨的 pH 年均值在 3.75~3.88 之间,频率在 1.3%~33.6% 之间变化,降水量频率在 0~19.9% 之间变化。与强酸雨频率相比,降水量频率则要小得多,这说明强酸雨的降水量一般都较小。从图 1 看到,强酸雨频率三个

表 1 强酸雨及酸雨的出现状况

年份	总降水		一般酸雨				强酸雨				非酸雨		比值		
	pH 值	电导率 / ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	频率 / %		pH 值	电导率 / ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	频率		pH 值	电导率 / ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH 值	电导率 / ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1 *	2 *	3 *
			a	b			a	b							
1985	4.88	20.35	59.2	62.3	4.71	23.22	1.3	0.0	3.75	59.50	5.86	15.36	9.12	2.56	0.66
1986	4.54	20.14	81.7	90.0	4.53	19.37	1.6	1.3	3.80	59.60	5.98	22.05	5.37	3.08	1.14
1987	4.61	20.31	68.4	86.4	4.61	19.67	12.3	1.9	3.77	60.72	6.21	18.64	6.92	3.09	0.95
1988	4.65	20.81	72.3	84.8	4.63	20.88	5.0	1.7	3.80	63.95	6.17	14.81	6.76	3.06	0.71
1989	4.68	26.17	82.8	90.2	4.74	24.87	10.2	2.9	3.82	63.43	5.79	27.73	8.32	2.55	1.11
1990	4.62	20.79	73.6	87.0	4.62	19.43	8.5	2.6	3.88	62.04	6.26	21.83	5.50	3.13	1.12
1991	4.48	21.95	72.7	78.0	4.49	20.40	12.4	5.4	3.84	60.02	6.18	16.78	4.47	2.94	0.82
1992	4.35	31.03	60.2	67.0	4.48	25.59	19.5	15.4	3.83	50.09	6.01	35.10	4.47	1.96	1.37
1993	4.27	26.25	67.0	75.0	4.48	14.43	26.8	19.9	3.85	70.28	5.79	29.83	4.27	4.87	2.07
1994	4.18	29.46	57.3	82.0	4.28	25.20	33.6	14.3	3.83	66.19	5.99	20.58	2.82	2.63	1.51
平均	4.49	23.70	69.0	80.5	4.55	23.96	12.5	6.8	3.84	61.60	5.99	20.58	5.13	2.57	0.86

表中 a、b 指酸雨频率、降水量频率; 1*、2* 分别指强酸雨与一般酸雨中 H⁺ 和电导率的比值, 3* 指非酸雨与一般酸雨的电导率的比值

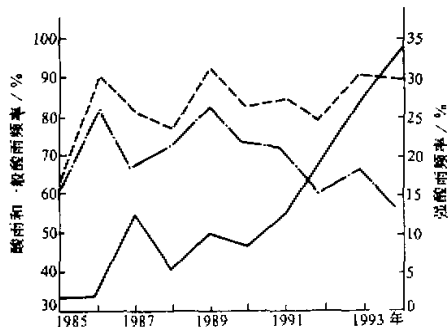


图 1 酸雨和强酸雨的频率变化曲线

——强酸雨频率 --- 酸雨频率
- · - · - 一般酸雨频率

阶段的变化较大。第一阶段在 2.0% 以下, 平均 1.5%。第二阶段在 5.0%~12.4% 之间, 平均 9.7%。第三阶段在 19.5%~33.6% 之间, 平均 26.6%。

2.1.2 强酸雨的月变化

一般酸雨的出现次数在 3 月份最多, 占一般酸雨总数的 13.4%, 11 月最少, 只占 4.9%。若从频率来看, 各月的平均频率变化范围为 48.2%~79.6%。除 8 月份较低外, 其余各月均在 70%±10% 左右。强酸雨的月分布状况见表 2 和图 2a 和 2b。

从表2看到,从强酸雨的百分比看,3月份最高,为19.7%,8月份的强酸雨最少,百分比仅为1.3%。从频率来看,则以10月份最高,为24.0%。8月最低,为1.8%。比较强酸雨的百分比和频率发现,两者相差较大。这是因为某月的百分比只考虑强酸雨次数多少,该月的强酸雨次数多,则其百分比也高;而频率除了考虑该月的强酸雨次数外,还需考虑该月的降水总次数的多少(见图2a)。第三阶段与前二个阶段相比,10~12月的强酸雨频率高出很多,1~4月也较多(见图2b)。表2中百分比是指强酸雨(或一般酸雨)的出现次数在强酸雨(或一般酸雨)的总次数中所占的百分含量。而频率则是指强酸雨(或一般酸雨)的出现次数在总降水次数中所占的百分含量。

表2 强酸雨和一般酸雨的月变化状况

月份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	变化范围
强酸雨 百分比/%	a	8.3	8.9	19.7	13.4	5.1	6.4	2.5	1.3	8.9	11.5	6.4	7.6	1.3~19.7
	b	4.5	13.4	25.4	11.9	7.5	10.4	3.0	1.5	11.9	9.0	1.5	0.0	0.0~25.4
	c	11.1	5.5	15.6	14.4	3.3	3.3	2.2	1.1	6.6	13.3	10.0	13.3	1.1~15.6
一般酸雨 百分比/%	a	6.0	8.9	13.4	9.7	10.1	10.6	8.4	6.0	9.9	6.1	4.9	5.9	4.9~13.4
	b	5.7	9.9	13.8	10.2	9.3	10.0	7.8	4.8	11.1	7.5	5.5	4.3	4.3~13.8
	c	6.9	6.0	12.4	8.3	12.4	12.4	10.6	9.6	6.4	1.8	2.8	10.6	1.8~12.4
强酸雨 频率/%	a	16.5	12.8	19.1	17.9	5.9	7.7	3.5	1.8	12.3	24.0	18.5	21.8	1.8~24.0
	b	5.6	10.1	14.3	9.5	5.2	7.3	2.3	1.4	9.3	10.2	2.6	0.0	0.0~14.3
	c	40.0	25.0	32.6	39.4	7.9	8.8	7.4	2.8	21.4	75.0	60.0	48.0	2.8~75.0
一般酸雨 频率/%	a	67.0	72.5	73.5	73.6	66.0	72.3	66.4	48.2	79.0	72.0	79.6	76.4	48.2~79.6
	b	70.3	74.2	77.3	81.0	63.9	70.8	61.7	43.2	85.0	84.7	94.8	96.7	43.2~94.8
	c	60.0	65.0	62.7	54.5	71.0	76.5	81.5	58.3	60.7	7.1	40.0	52.0	7.1~81.5

表中a为1985~1994年,b为1985~1991年,c为1992~1994年

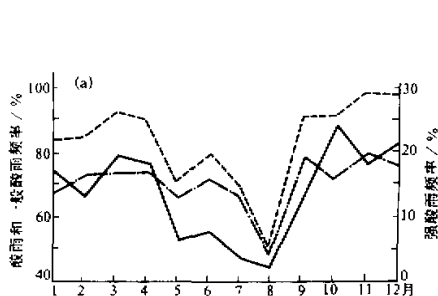


图2(a) 酸雨和强酸雨频率的月变化曲线
——强酸雨频率 ----酸雨频率
- - - - - 一般酸雨频率

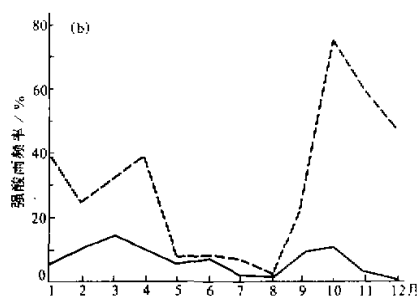


图2(b) 强酸雨频率变化曲线
——1985至1991年强酸雨频率
----1992至1994年强酸雨频率

2.1.3 强酸雨的季节变化

10年的总季节数总共40个,其中有20个季节其酸雨频率(包括强酸雨频率和一般酸雨频率)大于或等于90.0%,在这些季节中秋季有8年,冬季有7年,春季有5年,夏季未出现。一般酸雨的出现次数以春季最多,百分比为35.6%,而冬季最

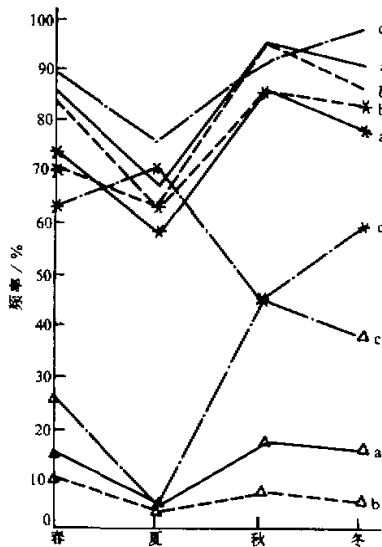


图3 不同季节强酸雨频率变化曲线
 ——酸雨频率 *-*-*一般酸雨频率
 Δ-Δ-Δ强酸雨频率
 (a) 1985至1994年, (b) 1985至1991年
 (c) 1992至1994年

少, 仅占 19.5%。强酸雨中也以春季出现次数最多, 百分比为 38.2%, 夏季最少, 百分比仅为 10.2%, 从强酸雨频率来看, 则以秋季最高, 为 17.3%, 夏季最低, 仅为 4.5%。若仔细分析各年各季节的强酸雨频率发现, 强酸雨频率最高的季节是 1994 年冬季, 高达 57.1%, 其次则是 1994 年秋季, 频率为 52.6%。1993 年秋季和冬季的强酸雨频率也较高。其他各季节的强酸雨频率见表 3。第三阶段与前两个阶段相比 (见图 3), 强酸雨频率高出最多的是秋季, 频率为 45.8%, 而前二个阶段中平均仅为 8.2%。只有夏季, 两者相差不多。

为了确定本地大气颗粒物对降水酸度的缓冲作用的强弱, 笔者在 1994 年夏季和秋季中对 5 个飘尘样品进行粉碎后, 加入 1000 mL 重蒸馏水 (电导率为 $2 \times 10^{-1} \mu\text{S}/\text{cm}$) 进行搅拌, 使可溶物质全部浸提出来, 对浸提液沉淀过滤后测定其 pH 初始值。各值见表 4。从表 4 中看到, 夏季飘尘质量浓度较低, 其 pH 初始值平均为 7.10, 碱性较强。而秋季的飘尘质量浓度较高, 它的 pH 初始值平均为 6.48, 碱性较弱。

表 3 各季节强酸雨和一般酸雨的频率变化 (单位: %)

年 份		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
酸雨	春	52.5	87.5	94.3	72.5	92.7	86.1	95.9	80.9	94.1	97.0
	夏	26.2	78.8	67.3	79.3	83.8	50.0	65.6	66.7	88.9	75.0
	秋	92.1	100.0	90.0	92.3	100.0	90.9	94.1	83.3	100.0	89.5
	冬	60.9	95.5	73.7	100.0	96.7	84.6	93.8	95.8	100.0	100.0
强酸雨	春			18.9	7.5	12.2	11.1	16.3	21.3	32.4	27.3
	夏	2.4	3.0	7.3		5.4		6.3	9.1	2.8	7.1
	秋	2.9	3.0	6.7	7.7	12.5	15.2	11.8	33.3	50.0	52.6
	冬		13.6	5.3	13.6	6.7	11.5	12.5	33.3	38.1	57.1
一般酸雨	春	52.5	87.5	75.4	65.0	80.5	75.0	79.6	59.6	61.7	69.7
	夏	23.8	75.8	60.0	79.3	78.4	50.0	59.3	57.6	86.1	67.9
	秋	89.2	97.0	83.3	84.6	87.5	75.7	82.3	50.0	50.0	36.9
	冬	60.9	81.9	68.4	86.4	90.0	73.1	81.3	62.5	61.9	42.9
百分比 / %	春			14.5	20.3	20.7	13.1	27.9	56.3	74.8	34.0
	夏	16.8	22.3	16.0		3.8		7.6	21.3	2.3	7.2
	秋	1.0	5.1	5.8	23.4	17.1	20.4	39.5	47.0	55.7	32.7
	冬		12.5	2.7	15.3		10.9	11.5	51.6	63.6	77.4

表中的酸雨频率包括强酸雨频率和一般酸雨的频率

• 表中百分比指某季强酸雨的酸降水量在该季总降水的酸降水量中所占的百分含量

表 4 1994 年夏季和秋季的 pH 初始值*

季 节	夏 季			秋 季	
飘尘质量浓度/(mg/m ³)	0.063	0.077	0.145	0.199	0.214
pH 值	7.16	7.04	6.84	6.56	6.04
pH 平均值	7.10			6.48	
SO ₂ /(mg/m ³)		0.028	0.033	0.052	0.063
NO ₂ /(mg/m ³)		0.018	0.022	0.025	0.050

* 表中 SO₂, NO₂ 为中国气象科学研究院大气化学研究所在临安大气站监测得到 (1994 年 8 月 16 日开始监测)

2.2 强酸雨的酸沉降

10 年来由降水带到地面的总的酸沉降量 (即 H⁺ 的沉降量, 单位为 meq/m²) 为 484.59 meq/m², 其中由一般酸雨带至地面的酸沉降量为 327.50 meq/m², 占总沉降量的 67.6%, 由强酸雨带至地面的酸沉降量共有 141.44 meq/m², 占总沉降量的 29.2%。非酸雨也携带极少的酸, 其酸沉降量极少, 只占 3.2%。一般酸雨的年酸沉降量范围为 17.35~54.76 meq/m², 且呈增加趋势。各年由强酸雨带至地面的酸沉降量相差较大 (见表 5)。从表 5 看到, 各年强酸雨的酸沉降量大体呈现随年代增高的趋势, 它们在总降水酸沉降量中所占的百分比也呈随年代增高的趋势。表 5 列出了 1989 年至 1994 年各强酸根离子的沉降量。各强酸根离子的沉降量包括与酸沉降等当量浓度的强酸根离子 (以酸的形式存在) 和盐类强酸根离子 (以盐的形式存在) 这二部分的沉降量。从表 5 看出, 这二部分相差较大。文献[3, 4]也对降水的酸沉降进行了研究, 表明降水酸沉降以春季最高, 冬季最低。强酸雨的酸沉降量与一般酸雨的酸沉降量的比值为 0.43, 各季节的比值范围为 0.04~1.13, 其中以 1993 年和 1992 年最高, 均大于 1。

表 5 强酸雨和一般酸雨的酸沉降变化 (沉降量单位: meq/m²)

年 份	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
总降水酸沉降量	18.91	27.66	37.95	31.40	42.96	40.09	49.62	56.79	94.06	85.69
一般酸雨酸沉降量	17.35	25.53	32.52	27.56	25.95	34.36	37.76	27.94	43.46	54.76
百分比/%*	91.8	92.3	85.7	87.8	60.4	85.7	76.1	49.2	46.2	63.9
强酸雨酸沉降量	0.64	2.04	5.25	3.82	6.86	5.64	11.71	28.68	49.28	29.91
百分比/%*	3.4	7.4	13.8	12.2	16.0	14.1	23.6	50.5	52.4	34.9
SO ₄ ²⁻ 沉降量					5.27	4.53	8.88	12.83	35.90	30.13
NO ₃ ⁻ 沉降量					0.87	1.43	2.39	4.33	22.33	24.26
Cl ⁻ 沉降量					0.45	0.54	1.35	7.74	20.59	14.76
F 沉降量					0.07	1.80	2.23	4.61	5.32	6.87
百分比/%**					93.3	50.3	78.8	92.5	58.0	39.3
强酸雨 NO ₃ ⁻ /SO ₄ ²⁻					0.17	0.19	0.27	0.42	0.62	0.68
一般酸雨 NO ₃ ⁻ /SO ₄ ²⁻					0.21	0.20	0.24	0.42	0.44	0.59

表中百分比*指一般(或强)酸雨的酸沉降量在总降水酸沉降量中所占的百分含量, 百分比**指与 H⁺ 等当量浓度的强酸根离子浓度在强酸根总浓度中所占的百分含量

2.3 强酸雨的电导率变化

一般酸雨的电导率平均值为 23.96 μS/cm, 各年均值变化范围在 14.43~25.59 μS/cm。它的变化比较复杂, 年变化趋势不明显 (见表 1)。研究一般酸雨的电导率和 pH 的相关性发现 (见表 6), 当显著性概率为 99.9% 时呈现高度显著的负相关。这表明

一般酸雨的 pH 值随电导率的增加而迅速降低。而在非酸雨中这两者的相关性却是正相关, 且非常显著。这表明非酸雨中的 pH 值却随电导率的增加而迅速增加。一般酸雨和非酸雨的这种相反的相关性说明, 一般酸雨中酸性物质较多, 当电导率增加时, 降水中的酸物质也随着增加, 它的 pH 值则降低。而在非酸雨中则以碱物质占主导地位, 当电导率增加时, 表明降水中碱物质的主导作用更明显, 它的 pH 值也随之增加。

表 6 强酸雨及一般酸雨的相关值

		相关系数	样本数	显著性概率 / %	回归方程为 $Y = a + bX$	
					a	b
降水量 X 与电导率 Y	A	-0.372	157	99.9	77.57	0.007
	B	-0.666	865	99.9	31.61	0.001
	C	-0.302	231	99.9	34.44	0.004
电导率 X 与 pH 值 Y	A	-0.500	157	99.9	3.93	0.002
	B	-0.497	865	99.9	4.60	0.006
	C	0.544	231	99.9	6.11	0.004
降水量 X 与 pH 值 Y	A	0.467	157	99.9	3.72	0.012

表中 A、B、C 分别指强酸雨、一般酸雨和非酸雨

强酸雨的电导率均值为 $61.60 \mu\text{S}/\text{cm}$, 各次强酸雨的电导率的变化范围为 $21.24 \sim 372.62 \mu\text{S}/\text{cm}$ 。从表 1 中看到, 各年强酸雨的电导率年均值在 $50.09 \sim 70.28 \mu\text{S}/\text{cm}$ 之间, 将强酸雨与一般酸雨相比结果十分明显, 强酸雨的电导率与一般酸雨的电导率的比值在 $1.96 \sim 4.87$ 之间, 平均为 2.57。非酸雨与一般酸雨的比值范围在 $0.66 \sim 2.07$ 之间, 平均为 0.86, 相差不大。对强酸雨中电导率资料结合 pH 值进行分析得到表 7。从表 7 中看到, 强酸雨中电导率出现最多的数据段是 $50 \sim 100 \mu\text{S}/\text{cm}$ 。电导率高于 $150 \mu\text{S}/\text{cm}$ 的强酸雨很少出现, 仅占总数的 8.1%。研究强酸雨的电导率和 pH 值的相关性发现, 当显著性概率为 99.9% 时呈现高度负相关 (见表 6)。当强酸雨的电导率增高时, pH 值明显减低。表明当电导率增大时酸物质的主导作用愈来愈强^[2]。

表 7 不同 pH 值与不同电导率 (γ) 范围内强酸雨出现百分比

pH 范围	3.31~3.40	3.41~3.50	3.51~3.60	3.61~3.70	3.71~3.80	3.81~3.90	3.91~4.00	合 计
$\gamma \leq 50$	0.6			3.2	4.5	5.7	8.3	22.3
$50 < \gamma \leq 100$			1.3	4.5	15.3	14.0	17.8	52.9
$100 < \gamma \leq 150$	0.6	1.9	0.6	3.8	5.7	1.9	1.9	16.4
$150 < \gamma \leq 200$		1.9	1.3	1.3	0.6	0.6	0.6	6.3
$\gamma > 200$	0.6	0.6	0.6					1.8

2.4 强酸雨的降水量变化

一般酸雨的年降水量频率变化范围在 62.3%~90.2% 之间, 与一般酸雨的出现频率相比要高些。在强酸雨监测中发现强酸雨的降水量一般较小。在所有强酸雨样品中有 51.0% 的强酸雨其降水量 $\leq 3.0 \text{ mm}$, pH 均值为 3.76, 各降水量数据段上的强酸雨状况见图 4。在分析强酸雨 pH 值与降水的关系时发现, 降水量小时 pH 值的低值出现较多。两者的相关性表明, 当显著性概率为 99.9% 时呈现高度的正相关。回归方程为 $Y = 3.72 + 0.012X$ 。这表明, 当降水量增加时强酸雨的 pH 值也随之增高。

2.5 强酸雨的化学组份

总降水和一般酸雨的阴阳离子平衡性较好（见表 8）。均以 SO_4^{2-} 和 NH_4^+ 离子浓度最高。它们的 F^- 离子浓度也较高，在某些降水中甚至高过其他阴离子。 F^- 离子浓度较高的降水一般都在春末至秋初这段时间。据文献[5,6]报道，杭嘉湖地区和本地的氟污染较重，对桑叶种植和其他植物生长危害很大。非酸雨的阴阳离子平衡性稍差，阴阳离子浓度的比值为 0.79。以 SO_4^{2-} 和 NH_4^+ 离子为主，碱物质浓度也较高。

由于前几年强酸雨较少，降水量也较小，故采集的强酸雨未进行化学组份分析。本文分析了 1989 年至 1994 年的化学组份资料，得到表 8。并将强酸雨的化学组份与一般酸雨进行对比。从表 8 看到，强酸雨的阴阳离子平衡性较差，阴离子总浓度与阳离子总浓度之比 $(\Sigma^-)/(\Sigma^+)$ 为 0.66，表明强酸雨中有部分弱酸存在。在强酸雨中， SO_4^{2-} 和 H^+ 的离子浓度最高。

比较强酸雨和一般酸雨的化学组份发现，强酸雨与一般酸雨的阴阳离子总浓度的比值为 2.25，各离子的浓度（除 F^- 离子浓度较低外）均比一般酸雨高，它们的比值在 0.76~7.30 之间，其中 H^+ 的比值最高。这表明强酸雨中所含污染物质确比一般酸雨丰富，分析各离子在阴离子或阳离子的总量中的百分含量，阴离子中 SO_4^{2-} 变化不大，而 NO_3^- 的变化较大，由一般酸雨的 12.3% 增加到强酸雨的 21.6%。强酸雨中起缓冲作用的碱性离子的总浓度在阴阳离子总浓度中所占百分比为 33.7%，而一般酸雨中为 39.1%，高于强酸雨。从强酸雨的化学组份的年变化来看， SO_4^{2-} 离子的变化波动比较大，而 NO_3^- 和 F^- 离子浓度均有随年代增高的趋势。

从表 5 中看到， $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 的比值正随年代提高，1989 年为 0.17，而 1994 年则增长到 0.68，而一般酸雨中此比值却比强酸雨低些。在监测过程中发现，1991 年以前 NO_3^- 小于 SO_4^{2-} 的浓度，而以后的强酸雨中有反常现象出现，在 1992 年有 14.3%，1993 年有 40.0%，1994 年有 30.0% 的强酸雨，其中的 NO_3^- 的浓度高于 SO_4^{2-} ，由于此类数据较少，不能进行有效的分析研究。它们产生的原因不明，尚需作进一步的研究。

3 小结

由于受地理环境和气象条件以及主导风（N~ENE）上风方向上海等城市和各工业区的影响，近几年来本地酸雨十分频繁，各年的酸雨频率均高达 80%~90%。

根据上面的分析看出，小雨时易产生强酸雨，强酸雨中的污染物浓度比一般酸雨高出较多，强酸雨的酸沉降在逐渐增多；秋季强酸雨频率最高，夏季最低。各相关性研究表明，非酸雨、一般酸雨和强酸雨中的降水量与电导率间均呈现高度显著的负相关，电

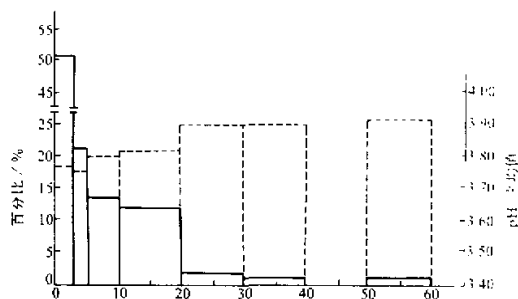


图 4 强酸雨时降水量数据段百分比框图

实线框为降水量数据段百分比，

虚线框为降水量数据段的 pH 均值

表 8 强酸雨的化学组份变化 (1989~1994 年, 单位: $\mu\text{eq/L}$)

		F	Cl	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺
总降水		28.83	25.99	21.51	70.98	64.54	5.26	9.83	29.20	4.49	31.60
百分比 / %		19.6	17.6	14.6	48.2	44.5	3.6	6.8	20.1	3.1	10.8
强酸雨		22.69	45.37	46.78	101.85	83.08	9.96	14.18	61.49	14.58	143.91
百分比 / %		10.5	20.9	21.6	47.0	25.4	3.0	4.3	18.8	4.5	44.0
一般酸雨		29.80	21.60	15.77	60.54	58.31	7.09	6.87	20.01	2.34	19.71
百分比 / %		23.3	16.9	12.3	47.4	51.0	6.2	6.8	17.5	2.3	17.3
非酸雨		29.63	24.50	22.29	65.75	93.18	4.47	20.08	49.88	7.67	1.31
百分比 / %		20.8	17.2	15.7	46.2	51.9	4.2	11.2	27.8	4.3	0.7
强酸雨	1989	11.58	10.00	19.29	116.25	103.57	3.08	13.04	9.00	2.58	145.78
	1990	41.63	12.51	33.00	174.44	62.07	4.97	12.22	21.85	4.42	109.38
	1991	27.37	16.57	29.29	108.78	88.57	8.21	20.00	24.00	5.33	106.54
	1992	25.00	42.00	23.48	69.60	61.27	7.45	8.59	17.00	3.86	176.86
	1993	15.52	60.11	65.21	104.83	86.90	13.56	16.21	105.02	26.34	153.23
	1994	29.73	65.92	50.44	74.40	128.26	3.68	4.89	40.20	2.60	122.42
比值 1		0.76	2.10	2.97	1.68	1.42	1.40	2.06	3.07	6.23	7.30
比值 2		0.99	1.13	1.41	1.09	1.60	0.63	2.92	2.49	3.28	0.07

表中百分比指某阴(或阳)离子在阴(或阳)离子总量中的百分含量;比值 1 为强酸雨与一般酸雨中各相应离子的比值;比值 2 为非酸雨与一般酸雨中各相应离子的比值

导率和 pH 值间的相关性三者有所不同,强酸雨和一般酸雨中为高度显著的负相关,而非酸雨中则呈现高度显著的正相关。强酸雨中的 NO_3^- 的百分含量正在增加。

参 考 文 献

- 1 洪盛茂, 1995, 酸雨形成中风的作用, 浙江气象科技, 16 (1), 45~54.
- 2 洪盛茂, 1991, 降水导电率变化及其相关因素的研究, 大气环境, 6 (4), 13~18.
- 3 洪盛茂, 1989, 华东地区大气本底污染的降水酸度及其化学组份的分析, 气象, 15 (9), 42~47.
- 4 洪盛茂, 1995, 华东地区大气本底中降水酸度变化, 上海环境科学, 14 (8), 8~11.
- 5 吴方正等, 1993, 大气氟污染引起植物落叶及生长物质防护效应的初步研究, 农村生态环境, 3, 27~28.
- 6 曾清如、吴方正, 1993, 氟污染对桑叶营养成分的影响, 农村生态环境, 3, 51~53.

The Characteristic of the Strong Acid Rain in Lin'an

Hong Shengmao

(Lin'an Atmospheric Background Pollution Monitoring Station, Lin'an, Zhejiang Province 311307)

Abstract In this paper, the data of the strong acid rain from 1985 to 1994 is analysed, and compared with the common acid rain. The results show that the state of the common acid rain happened frequently. The numbers of the strong acid rain are increasing. The frequency of the strong acid rain differed with various seasons, the highest in autumn and the lowest in summer. The amount of the acidic deposition of the strong acid rain is increasing year after year. The annual average of conductivity in the strong acid rain is higher than that in the common acid rain. The negative relationship between conductivity and pH in the strong acid rain is very clear. The rainfall amount of each strong acid rain is usually lower than that of each common acid rain. The positive relationship between rainfall amount and pH is highly notable. The concentration of each ion in the strong acid rain is higher than that in the common acid rain.

Key words strong acid rain common acid rain acidic deposition relationship