

文章编号:1004-9045(2007)02-0175-04

湖北西部城市酸雨特征及其与气象条件的关系

张霞, 李兰, 魏静

(武汉区域气候中心, 武汉 430074)

摘要: 根据对湖北省西部宜昌、襄樊、巴东、十堰等城市自然降水 pH 值的检测结果, 对降水 pH 值变化、时空分布, 降水的化学成分、酸雨出现时的风与气象条件、酸雨与降水云类的关系进行了详细的分析。分析结果表明: 酸雨形成与当地地理条件和气象因子有关。稳定的大气环境对酸雨形成有利, 较强的逆温和静风频率, 可以为当地降水的二次酸化提供有利条件。各地酸性降水化学成分中阴阳离子 $\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^-$ 比值表明, 西部城市酸雨具有典型的硫酸型特征。巴东监测的时间较短, 但酸雨年出现频率有上升的趋势, 并且酸雾出现的几率比较大。襄樊、十堰酸雨出现频率较低与雨水中较高浓度的阳离子有关。

关键词: 酸雨; 降水成分; 天气背景

中图分类号: P426.61*2 文献标识码: A

1 引言

酸雨是世界环境组织确定的世界十大污染问题之一。目前我国酸雨已发展到长江以南、青藏高原以东的广大地区, 湖北省处在华中酸雨带的北缘, 西部紧邻我国大西南酸雨区, 长江三峡河谷地带已经是目前我国酸雨出现频率高、强度较为严重的区域之一。随着社会经济建设稳步发展的需要, 矿物燃料消费水平在逐年上升, 使大气环境问题日趋突出。本文通过对湖北省西部城市自然降水 pH 值变化的检测和与之相关的气象因素的对比分析, 拟在揭示该地不同地貌特征下降水的化学特征和时空分布状况。

2 资料来源

宜昌、巴东和襄樊三站是湖北省气象酸雨监测单位, 主要进行降水 pH 值和电导率的检测。由中国气象局大气成分观测与服务中心和湖北省气象局业务科技处对检测过程和数据实行质量控制和业务管理。

宜昌和襄樊两站资料始于 1990 年 1 月, 均截止到 2002 年 12 月, 其中 1997 和 1998 年因两年无监测资料而空缺。巴东酸雨监测工作始于 1999 年 2 月, 截止到 2002 年 12 月。三站共取得有效降水资料 1251 份。其中酸雨资料 358 份, 酸雨出现频率为 28.4%。

文中除宜昌、襄樊和巴东酸雨资料来自气象酸雨检测站, 其它站酸雨监测值和 2001 年酸雨化学成分

分析资料均来自湖北省环境监测中心站^[1]。

3 酸雨的时空分布特征及其与气象条件的关系

3.1 酸雨时空分布

图 1 给出宜昌、襄樊和巴东三站 1990~2002 年酸雨出现频率。采样期间, 宜昌 pH 均值为 4.42, 属于较强酸性的酸雨。酸雨出现频率为 77.34%, 2000 年最低 (54.3%), 1990 年最高 (88.3%)。巴东均值为 4.73, 降水酸雨出现频率为 60.85%, 其中酸雾占 5.99%。2002 年最高 75.7%, 1999 年最低为 32.9%, 最大 pH 值 5.57, 最小 pH 值 3.6, 襄樊酸雨出现频率为 23.64%, 其中 1990~1994 年降水 pH 均值为 5.8, 1995~2002 年几乎为零出现。1990~2002 年降水 pH 均值为 6.0, 酸雨出现总频率为 6.31%。十堰市 2001 年酸雨检出频率为 2.2%, 降水 pH 均值为 6.41。

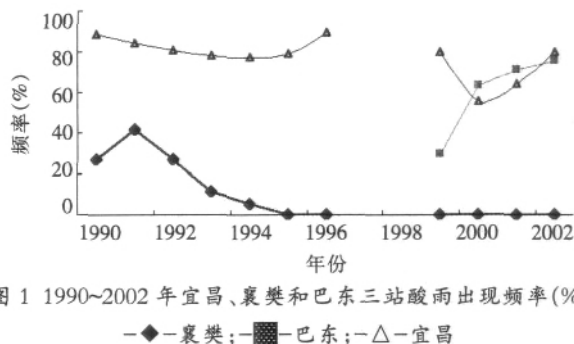


图 1 1990~2002 年宜昌、襄樊和巴东三站酸雨出现频率 (%)

—◆—襄樊; —■—巴东; —△—宜昌

由于巴东酸雨观测时间较晚, 为便于比较, 分别

收稿日期: 2006-05-20; 定稿日期: 2007-01-28

基金项目: 神农架林区气候生态环境研究(2003Z01)

作者简介: 张霞, 女, 1951 年生, 高级工程师, 主要从事大气成分分析。Email: zx2003zx@tom.com

取 1999~2002 年湖北省西部部分城市降水 pH 均值和酸雨出现频率(表 1)。由表可见,在湖北省西部的城市中,三峡河谷地带是酸雨发生频率较高的地方,这里

pH 均值较低,酸雨出现频率高。而地处鄂西北的襄樊、十堰和随州三城市降水基本呈中性,酸雨出现频率低。

表 1 1999~2002 降水酸度和酸雨出现频率(%)

测站	1999 年		2000 年		2001 年		2002 年	
	pH 值	频率/%	pH 值	频率/%	pH 值	频率/%	pH 值	频率/%
宜昌	4.57	80.5	4.82	55.7	4.42	64.1	4.37	80.4
宜都	4.61	81.0	/	/	4.99	53.2	/	/
巴东	4.64	29.4	4.79	63.1	4.68	71.1	4.85	75.7
恩施	4.14	55.6	4.40	44.3	5.68	21.4	/	/
襄樊	6.18	0	6.12	0	6.2	0	6.35	0
十堰	6.71	0	6.74	0	6.41	2.2	/	/
随州	6.58	0	6.70	0	6.83	0	/	/

3.2 酸雨和风的关系

风可以源源不断的将大气中的污染物远距离输送到下风方向,使汇集地大气中污染物累计浓度发生

变化,大气本底浓度增加,促进本地酸雨的形成。图 2 为 1990~2002 年襄樊、宜昌和巴东三站在各种风向下酸雨出现的频率和平均风速玫瑰图。

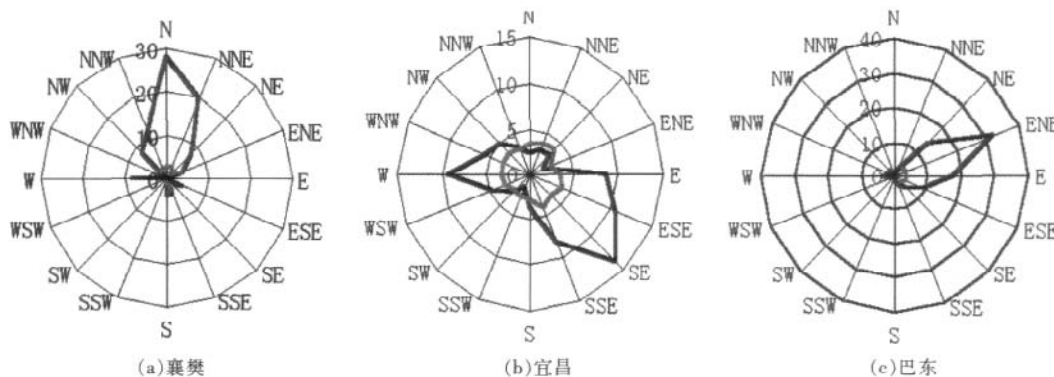


图 2 1990~2002 年襄樊、宜昌、巴东酸雨在各种风向下出现的频率和平均风速

襄樊酸雨出现在北风中的频率为 28.0%, 东北风和西北风分别为 20.0 和 12.0%。最大风速达到 $3.0 \sim 5.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 平均风速为 $2.3 \sim 3.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。宜昌酸雨主要以东南风(13.7%)和东风(8.7%)时出现出现频率较高, 最大风速达到 $4.0 \sim 5.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 平均风速为 $1.8 \sim 2.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。巴东酸雨主要以偏东北风(31.3%)和东风(17.4%)时出现频率较高, 最大风速达到 $6.0 \sim 7.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 平均风速为 $2.6 \sim 3.3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

宜昌和巴东两站在静风条件下酸雨出现频率分别为 13.2%和 8.7%, 表明三峡河谷地带较为稳定的大气环境有利于远距离输送和本地产生的一些大气污染物逐渐在此堆积, 增加了本地大气污染的程度, 促进了降水酸度的增加, 也是这两个地方酸雨出现频率较高的原因之一。

3.3 酸雨与云的关系

云是发生大气化学反应的重要场所, 在不同的大气高度层面上, 各种云有时或相伴或依次出现。云量的多少、云的类型、降水量的变化都对降水的物理和化学参数产生直接的影响。云量多的地方, 雨水一般

也多, 污染物黏附在水滴上, 随雨而落, 不易随风扩散。统计分析表明酸雨出现时常见降水云多为中云族中的层状云 As 和 Ns, 波状云 Ac 和 Sc。低云族中的积状云 Cb、Cu 和碎雨云 Fn。宜昌酸性降水云以 As、Ac、Fn 云相伴出现次数较多, 占 42.3%, 其次为 As、Ac、Sc 云, 占总数的 38.5%, Cb、Cu (As、Ac、Fn) 云占总数的 26.9%, Ns 云占总数的 24.0%。巴东酸性自然降水中, As、Ac、Fn 云出现频率为 58.0%, Cb 云出现频率为 26.21%, Sc 云出现频率为 9.73%, 有 As、Ac 云存在时云常常伴随酸性雾出现, 频率为 5.99%。襄樊 1990~1995 年酸性自然降水过程中 As、Ac 云占 88.0%, Cb、Cu 云占 12.0%。

1996 年和 2000 年分别是宜昌 pH 值年均最低和最高年, 这两年的酸雨出现频率、最大风向、风频(%)以及主要降雨云出现频率由表 2 给出。

有降水发生的 Ns、Fn、Cb、Sc 云, 云底高度为 500~2 000 m, 云厚几百米至 1 000 m, As 云底高在 2 000~5 000 m, 云厚 1 000~3 500 m。大气中不同高度层面上各种污染物浓度可以随着降水的发生而集

表 2 宜昌不同年份主要降雨云出现频率%

年份	pH 年 平均值	年酸雨出现 频率/%	最多风向及其 出现频率/%	主要酸雨云出现频率/%			
				Ns	Cb	Sc	As, Ac
1996	3.92	76.0	W/14.0%, SE/16.7%	44.4	15.2	6.7	33.7
2000	4.82	64.1	ESE/22.1%, SE/18.5%	48.6	19.2	4.5	27.7

中表现在对降水酸度的影响上,表 2 反映出对酸雨做出贡献的主要是低云,基本上占总酸雨出现频率的 70%左右,中云占 30%左右。

4 酸雨的组成

表 3 2001 年降水化学成分分析结果(mg/L)

站点	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ₂ ⁺	Mg ₂ ⁺	Na ⁺	K ⁺	-	+	-	+	SO ₄ ²⁻ /NO ₃ ⁻
襄樊	11.61	4.03	0.16	4.20	2.82	5.09	1.12	13.43	18.23	10.00	30.69	-	3.7	2.88
宜昌	19.32	3.23	0.36	1.37	3.39	6.17				/	/	/		5.98
十堰	19.57	5.72	0.48	1.38	2.38	11.74	0.76	0.34	0.38	27.15	15.6	1.74		3.42

* 表示未检测该项;巴东没有进行离子检测

降水化学中最重要的成分是 SO₄²⁻,它是来自工业排放的 SO₂ 和 SO₃,它们在大气中被转化成 H₂SO₄ 和硫酸盐,然后被云滴和降水滴吸收,或者直接被云滴和降水滴吸收后转化而来。表中三站的 SO₄²⁻ 和 NO₃⁻ 的比值分别为 2.88、5.98 和 3.42,说明这些地方的降水具有典型的硫酸型的特征。所不同的是,襄樊和十堰两地尽管 SO₂ 和 SO₃ 污染也比较严重,但酸雨出现频率却较少,这与降水中存在的金属阳离子 Ca₂⁺、Mg₂⁺、Na⁺、K⁺ 有关,它们主要来自大气气溶胶,这些阳离子所占的比例较大,对阴离子起到一定的中和作用。

2001 年湖北省空气中 NO₂ 年均值在 0.015~0.048 mg/m³ 范围,符合国家一级标准(0.04 mg/m³),证明湖北省内城市 NO₂ 污染水平总体较低。但是随着汽车产业的发展 and 城市汽车保有量的不断增加,污染浓度将会随之有所发展,当燃油汽车尾气中的 NO_x 进入大气后,会很快与氧气化合,生成 NO₂,继而在较短的时间内变为硝酸,遇雨结合生成硝酸型酸雨降落地面,使城市降水有由单纯的硫酸型向硫酸和硝酸混合型发展的趋势。

5 酸雨形成的必要气象条件

5.1 大气稳定度对酸雨形成的影响

巴东、宜昌地处长江中上游,自然环境复杂多样,地形自西北向东南倾斜,是鄂西山区三峡河谷向江汉平原过渡地带,气象条件亦复杂多样。因巴东无高空风观测项目,因此取 2001 年恩施高空观测站资料替代。大气稳定度分类参照 Pasquill 稳定度分类法^[2]。宜昌三种大气稳定度下的混合层高度和各稳定度出现频率统

酸雨的形成是一种发生在对流层极为复杂的大气化学和大气物理过程,化学组成与污染物的种类密切相关。2001 年襄樊、宜昌、十堰三站降水化学成分分析结果见表 3^[1]。

计结果,以及襄樊和恩施三种大气稳定度下的混合层高度均由表 4 给出。

表 4 2001 年襄樊、宜昌和恩施各类大气稳定度下的混合层高度(m)

稳定度类别	宜昌		襄樊	恩施*
	混合层高度	出现频率/%		
B(不稳定)	623	9.84	838	300
D(中性)	258	47.26	443	176
E(稳定)	243	32.45	319	136

* 巴东参考此站

由表 4 可看出,宜昌近地层不利于扩散 D 类和 E 类稳定度的混合层高度均比较低(258 m 和 243 m),出现频率分别为 47.26% 和 32.45%,而利于污染物的扩散和稀释的 B 类稳定度混合层高度较高(623 m),但出现频率低,仅有 9.84%。恩施 D 类和 E 类稳定度的混合层高度均较低(176 m 和 136 m),B 类稳定度混合层高度 300 m,所以宜昌和恩施大气层常年处于稳定的状态。襄樊 D 类和 E 类稳定度的混合层高度较高(443 m 和 319 m),B 类稳定度混合层高度 838 m,有很好的扩散条件。

宜昌和巴东稳定的大气环境和丰沛的云水资源不利于污染物的扩散和远距离输送,却利于污染物与空气中水分子的充分结合,为低层大气污染物的转化和发生其它大气化学反应提供了充足的反应条件,因此也不排除在降水的同时会受本地污染影响有云下制酸的可能性。

5.2 逆温对酸雨形成的影响

为了分析逆温与酸雨的关系,选取宜昌为代表站,根据实测资料对 2001 年静风、逆温出现频率、逆温厚度、逆温强度和逆温高度进行了分析,结果见表 5。

表 5 2001 年宜昌静风出现频率和逆温各项指标

静风出现 频率 /%	静风时酸雨 出现频率 /%	逆温出现频率 /%		逆温厚度 /m		逆温强度 / (/100m)		低悬逆温平均 高度 /m
		接地逆温	低悬逆温	接地逆温	低悬逆温	接地逆温	低悬逆温	
29	13.1	11	33	367	426	0.44	0.48	1054

从表中可以看出, 2001 年宜昌静风出现频率为 29%, 其中 13.1% 有酸雨出现。接地和低悬两种逆温出现频率为 44%, 厚度分别为 367~426 m, 强度分别为 0.44~0.48 /100m, 低悬逆温的平均高度达到 1054 m, 说明每年有近一半的时间大气层结处在比较稳定的状态, 使当地产生的污染物很难扩散和远距离输送, 因此对形成酸性降水极为有利。

另外, 巴东具有独特的三峡河谷地理和气象条件, 山谷洼地和长江之上极易生成生雾, 检测到的酸雾占酸雨出现频率的 6%。酸雾中的酸性, 由于没有得到直径大得多的雨滴的稀释, 因此它们的酸性要比酸雨强得多, 对河流和植物的危害更直接。

6 小结

通过对湖北省西部城市降水资料分析, 得出以下结论:

(1) 宜昌酸雨出现总频率为 77.34%, 降水 pH 值平均为 4.42, 属于酸性较强的酸性降水。巴东降水 pH 值平均为 4.73, 酸雨出现频率为 60.85%, 降水酸度呈逐年上升态势。襄樊酸雨出现频率逐年呈下降趋势, 降水 pH 均值为 6.0, 酸雨出现频率为 6.31%。十堰市

2001 年酸雨检出频率为 2.2%, 降水 pH 均值为 6.41。

(2) 襄樊酸雨出现时主导风向是北风和偏北风, 宜昌酸雨出现时主导风向是南风 and 东南风, 巴东酸雨出现时主导风向是东风和偏东南风, 宜昌和巴东两站分别有 13.1% 和 8.7% 静风频率出现。

(3) 由低云引起的酸雨占酸雨总频率的 70% 左右, 中云占 30% 左右。

(4) 宜昌酸雨具有硫酸型特征, 襄樊和十堰尽管 SO_2 污染比较严重, 但是酸雨出现较少, 与降水化学成分中有碱性离子存在有关。

(5) 巴东、宜昌大气层结比较稳定, 混合层高度低, 静风频率高, 宜昌逆温出现频率达到 44%, 这些都不利于本地污染物的扩散, 对低层形成酸性降水极为有利, 因此不排除降水受本地污染影响有二次污染和云下制酸的可能性。

参考文献:

- [1] 杜光智, 黄晓华, 黄霞, 等. 湖北省酸雨的时空分布规律及成因分析[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(4): 377-380.
- [2] 董志权. 大气环境影响评价[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1988: 252-256.

The Acid Rain Feature of Western City in Hubei Province and the Analysis of the Relation with Meteorological Condition

ZANG Xia, LI Lan, WEI Jing

(Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074)

Abstract: Using the data of pH of rain in Yichang, xiangfan, badong, shiyan city, the change of PH, the space-time distribution, chemic components, the meteorological condition of acid rain and the relation with rain cloud were analysed. The result shows that acid rain is relative with geographical and meteorologic condition, steady atmosphere environment is in favor of acid rain, strong inversion and aerostatic frequency can provide the conditions of rain's the second acidification, the area chemic components of acid rain anion and cation $\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_2$ shows, westward city acid rain has the character of vitriol. The observation time of Badong city is shorter, but the frequency of acid rain year is increasing, and rate of acid fog appearance is relative big, the rate of acid rain in xiangfan and shiyan is smaller, It is correlative to higher cations of rain.

Key words: Acid rain; Components of acid rain; Weather background