

影响广西酸雨的大气环流特征分析^①

董蕙青 黄海洪 高安宁 陈 见 罗桂湘 郑凤琴

(广西壮族自治区气象台, 南宁 530022)

提 要

通过对广西主要城市近 13 年酸雨观测的数据统计分析,发现广西的酸雨频率较高,酸雨的酸度较大(即 pH 值小),pH<4.5 强酸性降雨的频率也较高。季节变化特征为夏半年酸雨频率较低,冬半年酸雨频率较高。广西酸雨形成与大气环流密切相关,经分析造成广西酸雨的天气系统主要是高空槽、切变线和锋面,约占广西酸雨的 76%,而其它天气系统造成的酸雨所占的比例为 24%。

关键词: 酸雨 频率 大气环流

引 言

酸雨是指 pH 值低于 5.6 的降水,号称“空中死神”,是当前全球主要环境问题之一。我国酸雨覆盖的国土面积已达 40%,已成为世界上第三大酸雨区^[1],广西处于华南酸雨区。虽然近年来加大了 SO₂ 污染控制的力度,实现了 SO₂ 排放总量在酸雨控制区下达的污染物总量控制指标内并呈逐年下降趋势,但各城市酸雨频率仍较高。

1 资料及研究方法

1.1 资料

选取中国气象局确定的酸雨监测点:广西东北部的桂林市、南部的南宁市、西部的百色市、沿海的北海市进行广西酸雨分析,酸雨观测资料从 1992 年 1 月开始至 2004 年 7

月,资料由以上城市气象局提供。

1.2 研究方法

从酸雨出现的频率、月 pH 平均值、pH 最小值、pH<4.5 的强酸雨出现的次数等着手分析各城市的酸雨时空分布特征及影响广西酸雨的大气环流特征。

2 酸雨状况

2.1 广西酸雨的总体状况

收集了以上 4 个城市 13 年共 4819 个降水样本对酸雨状况进行分析,结果列于表 1,可见广西的酸雨是比较严重的,有 3 个城市的酸雨频率在 60% 以上,而且 pH<4.5 的强酸性降雨的频率相当高,占酸雨的 40% 以上。其中百色市的酸雨频率最高,pH 平均值最小,酸雨最为严重;沿海城市北海酸雨频率

表 1 广西主要城市 1992 年~2004 年酸雨状况

城市名	样本总数	pH<5.6 的样本数	酸雨频率 /%	pH 平均值	pH<4.5		
					样本数	占降雨的 百分比/%	占酸雨的 百分比/%
南宁市	1340	870	64.9	4.80	390	29.1	44.8
桂林市	1477	916	62.0	4.62	389	26.3	42.5
百色市	1001	704	70.3	4.36	355	35.5	50.4
北海市	1001	450	45.0	5.57	81	8.1	18.0
合计	4819	2940			1215		

基金项目:广西区科技厅“广西主要城市酸雨预测方法与防御对策研究”科技攻关项目(桂科攻 0322022-5)

最低, pH 平均值最大, 酸雨轻一些。

2.2 降水 pH 值与酸雨频率的时空分布

图 1a、b 分别是广西主要城市每年酸雨频率和各月酸雨频率分布图, 可以看出酸雨频率有两个高峰期: 1993 年和 1998~2001 年; 而 1994~1995 年酸雨频率较小, 2002~2003 年下降, 但 2004 年又有上升的趋势。北海是沿海城市, 1996 年以后酸雨频率呈上升的趋势, 说明广西的酸雨近年来继续向沿海地区蔓延。各月酸雨频率分布基本上是 1~4 月和 9~12 月高, 4~8 月低。这与长江三峡库区酸雨分布特征基本相同^[2]。

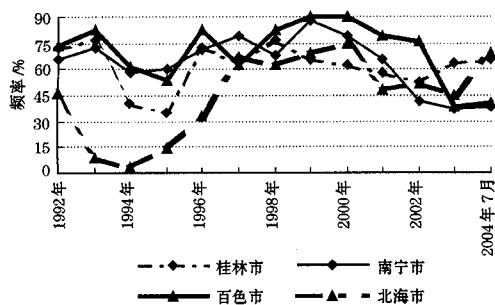


图 1a 各城市酸雨年平均频率分布图

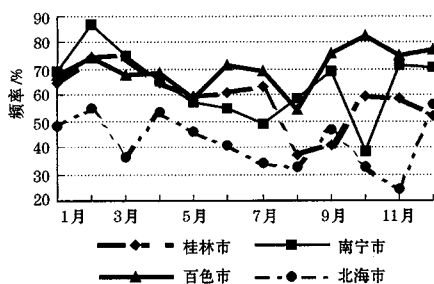


图 1b 各城市月酸雨频率分布

图 2a、b 是 pH 年平均和 pH 月平均值的分布图, 可以看出 1992~1996 年 pH 值较大, 1997 年开始 pH 值在下降, 说明了自 1997 年后酸雨在加重。其中百色市自 1996 年以来的 pH 值为 4 个城市的最小, 说明百色的酸雨在 4 个城市中是最严重的。北海市 pH 值较大, 说明沿海城市酸雨较轻, 这与图 1a 分析的结果是一致的。各城市 2、3 月份 (除北海市 3 月之外) pH 值最小, 也就是一年

中 2、3 月份的酸雨最重。5~8 月是广西的主汛期, 降雨量较大, 因此 pH 值较大, 酸雨较轻。

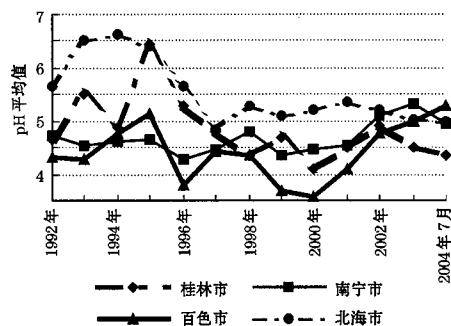


图 2a 广西各城市每年降雨 pH 平均值

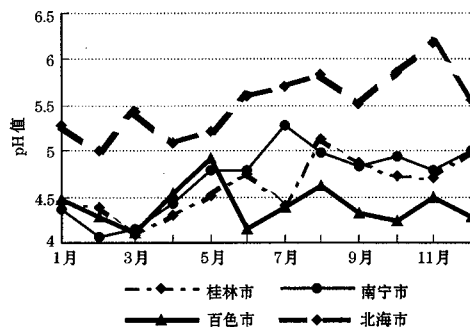


图 2b 广西各城市降雨 pH 月平均值

图 3 是 4 城市每年 pH < 4.5 强酸性降雨的次数, 可看出每年强酸性降雨的次数较多, 经统计南宁市最多, 13 年有 390 次; 其次是桂林有 389 次; 百色有 355 次; 沿海城市北海较少, 只有 81 次。1993、1996~1997、2000~2001 年 pH < 4.5 的强酸性降雨的次数较多, 而 2002 年以后有下降的趋势。

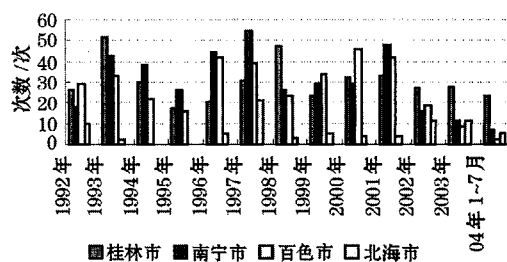


图 3 广西各城市每年 pH < 4.5 的次数
统计每年降雨的最小 pH 值及其出现的日期, 发现每年百色、南宁、桂林市最小 pH

值都很小,也就是降雨的酸性很强,特别是百色在1999、2000年、桂林在2000年出现了 $\text{pH}<2.0$ 的特强酸性降雨。最小 pH 值基本上出现在冬春季,尤其是在2~3月。

3 酸雨的气象条件分析

酸性物质离开发生源向外扩散受到多方面的影响。如气象条件、地理条件和污染物的状况,其中最重要的是气象条件。而影响大气扩散能力的气象条件主要有两方面,一为动力因子,主要是指风和湍流;另一为热力因子,主要指大气的温度层结及大气稳定度^[4]。

3.1 与风的关系

风不仅对污染物起着输送的作用,而且还起着扩散和稀释的作用。一般来说,污染物在大气中的浓度与污染物的总排放量成正比,而与平均风速呈反比。若风速增加1倍,则在下风向污染物的浓度将减少一半。统计了广西各城市在不同季节容易产生酸雨与不容易产生酸雨的地面和高空各种不同风向频率,结论是:

桂林、南宁市各季节降雨时地面主要风向是静风及冬半年(10月~翌年3月)偏东北风和夏半年(4~9月)偏东南风,而且偏东北风容易产生酸雨,偏东南风不容易产生酸雨。

北海市降雨时地面最多风向冬半年是东北风,夏半年是偏东风和偏西南风。10月~翌年3月偏东北风容易产生酸雨,而10月~翌年1月北到西北风及2、3月偏东南风不容易产生酸雨。4~9月偏东南风容易产生酸雨,偏西南风不容易产生酸雨,因为西面是海洋。百色市降雨时主要风向是静风和偏南风,而且静风和偏南风容易出现酸雨。

近地层925hPa桂林、南宁、北海市为偏东北风易产生酸雨、偏南风不易产生酸雨,百色市偏东南风和偏北风容易出现酸雨。

3.2 温度层结与逆温

温度层结决定着大气的稳定度,而大气的稳定程度又影响着湍流的强度,因而温度层结与大气污染有十分密切的联系。特别是当逆温出现时,使大气污染物在近地层空气中堆积,降水冲刷作用导致降水酸性增强^[3]。分析2003年冬半年降雨过程08和20时(北京时,下同)的高空观测资料,结论是出现酸雨时基本上都有逆温出现,逆温的平均温差在 2°C 以上,最大可达 $7\sim 10^{\circ}\text{C}$ 。

3.3 天气形势分析

广西地处东亚季风区域,影响广西的大气环流主要是季风环流。夏半年盛行偏南风,高温、高湿、多雨。冬半年盛行偏北风,低温、干燥、少雨^[5]。统计分析表明:冬半年(10~3月)是广西最容易出现酸雨的季节,尤其是春季(2~3月)期间,受冷锋(或华南锋)、850hPa切变线、500hPa高空槽等天气系统影响出现连阴雨时,广西出现酸雨的频率最高, pH 值较小即酸雨的酸度较强;夏半年(4~9月)降雨逐渐增多,影响降雨的天气系统较为复杂,但在分析出现酸雨的个例中,由冷锋、静止锋和高空槽的影响仍占大多数,而热带辐合带、热带气旋带来的降水,一般地面和高空为偏东风(或东南风),出现酸雨的频率较小, pH 值也较大。这与前面分析的广西主要城市偏东北风容易产生酸雨的结论是一致的。台风造成的降雨酸雨频率是最低(除百色市)。

下面分析不同季节影响广西酸雨的大气环流特征。

3.3.1 冬半年(10月~次年3月)

10月份开始,随着冷空气的频繁南下,东亚地区盛行东北季风。当较强冷空气南下到达华南地区与暖湿气流交汇时出现降雨天气,由于大气环流中、低层东北气流的作用使降雨区域自北向南移动,并伴随着上游的污染物会向下游地区输送,其中桂东北的湘桂走廊是冷空气侵入广西的主要通道。例如:

2000年10月15日受东路较强冷空气南下影响,广西地面从北向南刮起东北到偏东风,1500m高空盛行东北气流(见图4a、b),雨区随气流自北向南移动,桂林、南宁、百色三城市出现了pH值在3.5~4.5严重的酸雨天气。

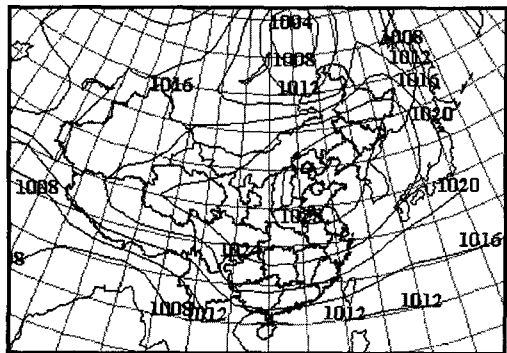


图4a 2000年10月15日地面较强冷空气从东路南下造成广西严重的酸雨天气

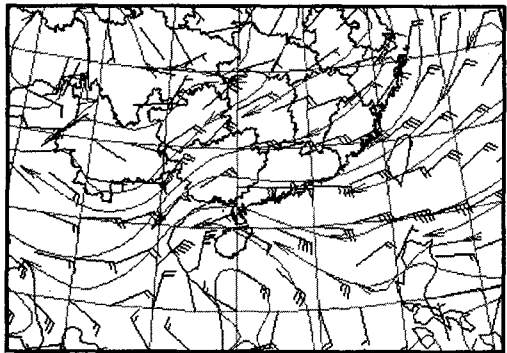


图4b 2000年10月15日广西严重酸雨天气的1500m高空风场特征

春季(2~3月)南方暖湿空气开始活跃,北方干冷空气开始减弱。当冷空气从东路或中路南下影响广西时,由于冷暖空气势力均力敌时,容易形成华南静止锋,850hPa出现逆温层,并长时间在该地区上空维持,这时,广西常是低温阴雨天气,酸雨的频率高,pH值较小。归纳分析冬半年天气与酸雨有如下对应关系:

① 冬半年是广西最容易出现酸雨的季节,降水出现酸雨的频率高,pH值较小即酸

雨酸度较强;

② 出现酸雨的大气环流与冷空气南下影响广西的路径有密切的关系,东路及中路冷空气容易造成广西酸雨。

③ pH<4.5的强酸雨常出现于久旱转雨之时(累积无雨日数在3天以上),例如2001年从2月13日起广西连续10天无雨,24~25日出现连续两天的降雨天气,南宁、百色、桂林出现了pH为2.0~3.0的强酸雨。

④ 2、3月静止锋位置与酸性降雨的发生有一定的对应关系,当静止锋在桂北摆动时,桂林易出现酸雨;当静止锋在沿海摆动时北海易出现酸雨。

3.3.2 夏半年(4~9月)

4~6月是广西的前汛期,冬季风逐渐减弱,侵入广西的冷空气强度也随之减弱,但入侵的次数仍然较频繁,进入5月第4候西南季风开始建立^[6],它是我国夏季降水的主要水汽输送带^[7],此时常在南岭附近有冷暖空气对峙,形成一条东西向的静止锋,同时高空南支槽活跃,与静止锋共同影响造成广西前汛期降水。

① 前汛期出现酸雨的过程中,冷空气加高空槽影响的仍占大多数,其次为副高边缘偏南辐合气流;

② 由于桂林位于湘桂走廊的入口端,是冷空气入侵广西的主要通道,而且加上它常位于副高西侧,静止锋也在它附近摆动,所以前汛期这里是多雨区,受北方冷空气(尤其是东路、中路冷空气)影响时,同一个过程中,桂林降水的pH值比其它测站小,如2001年4月2日pH值为2.96。而当受南面的系统影响时,位于广西南部沿海的北海出现酸雨,而且向东南方开口的右江河谷也会受到影响。

7~9月是后汛期,西太平洋副高明显增强北抬西伸。热带辐合带或热带气旋在副高南侧偏东气流引导下,向偏西或偏西北方向

移动影响广西,造成后汛期降水,降水期间一般地面和高空为偏东风或东南风。此时,广西北部出现酸雨的几率小,pH值也较大;而沿海地区和桂西北有时可出现酸雨,但多数情况下酸雨不是很严重。表2统计了2001~2003年影响广西台风降雨的pH值,可见pH值较大,出现酸雨的频率较小(除百色)。

表2 2001~2003年影响广西的台风降雨的pH值

台风编号	影响日期	pH值			
		桂林	南宁	百色	北海
0103	6.30~7.3	5.25	6.20	5.64	6.25
0104	7.6~7.8	5.96	6.71	4.71	5.98
0107	7.25~7.27		4.87	3.88	5.95
0110	8.10~8.11	6.83	5.62	5.63	6.36
0114	8.30~9.2	6.03	5.01	3.98	5.84
0116	9.18~9.20		5.85	4.42	
北部湾低压(2002年)	7.28~7.30	4.81	7.54	4.81	6.10
0214	8.19~8.22	5.26	7.86	5.26	6.14
0218	9.12~9.14	6.22	4.56	6.22	4.68
0220	9.26~9.29		5.23		6.00
0307	7.24~7.26		5.25	5.61	
0308	7.22~7.24		5.7	7.13	6.91
0312	8.26~8.27	6.11	7.13	6.98	6.66
0313	9.2~9.3	6.58	5.66	6.53	

4 结 语

(1) 广西各城市酸雨频率较高,pH值较低,酸雨的酸度较大,同时广西的酸雨近年来继续向沿海城市蔓延。

(2) 广西酸雨有明显的季节性,冬半年酸雨较严重,夏半年酸雨较轻。

(3) 由于所处地理环境特殊,广西的酸雨形成与风向密切相关。

(4) 广西的酸雨形成与大气环流密切相关。影响广西酸雨的大气环流主要是高空槽、切变线、锋面共同影响的降雨过程,其次是副热带高压边缘和辐合带造成的降雨。而受沿海台风影响的情况下,广西降水酸雨频率较小。

参考文献

- 1 晏路明. 人类发展与生存环境. 北京: 中国环境科学出版社, 2001: 209.
- 2 杨贤为, 邹旭恺, 马天健. 长江三峡库区酸雨分布特征分析. 气象, 2002, 28(10): 17.
- 3 吴兑, 邓雪娇. 环境气象学与特种气象预报. 北京: 气象出版社, 2001: 112.
- 4 孙崇基. 酸雨. 北京: 中国环境科学出版社, 2001: 157~158.
- 5 蒙远文, 蒋伯仁, 韦相轩等. 广西天气及其预报. 北京: 气象出版社, 1989: 3.
- 6 吴恒强. 影响广西的热带气旋与热带季风的某些关系. 气象, 2002, 28(9): 28.
- 7 梁建茵, 李春辉, 吴尚森. 2003年我国夏季西南季风活动概况. 气象, 2004, 30(8): 10.

Analysis of Effect of Atmosphere Circulation on Acid Rain in Guangxi

Dong Huiqing Huang Haihong Gao Anning Chen Jian Luo Guixiang Zheng Fengqin

(Guangxi Meteorological Observatory, Nanning 530022)

Abstract

Based on the data of acid rain in the main cities of Guangxi, the result shows that the acid rain frequency in Guangxi is high and its acidity is strong which means pH value is low. The frequency of strong acid rain whose pH is lower than 4.5 is high too, acid rain frequency is relative low in summer half year while relative high in winter half year. The conclusion are also drawn that acid rain has relation with atmosphere circulation, 76 percents of acid rain in Guangxi has relation with weather system of height trough, shear and frontogenesis, while 24 percents of acid rain has relation with others weather systems.

Key Words: acid rain frequency atmosphere circulation