

文章编号:1673-8411 (2014) 02-0052-05

广州酸雨观测站 2008 年-2012 年酸雨资料分析

杨慧燕¹, 王志春², 成明¹, 张美玉³

(1.广州市萝岗区气象局, 广东广州 510530; 2.广东省气候中心, 广东 广州 510080;

3.肇庆市广宁县气象局, 广东 肇庆 526300)

摘要:利用广州酸雨观测站 2008 年-2012 年的酸雨观测数据,分析广州市年、月、季平均酸雨 pH 值及酸雨发生频率,并对广州市酸雨变化情况进行分析总结,结果表明:五年中广州的年酸雨平均 pH 值为 4.48,年平均发生频率为 75.8%。年平均酸雨最大 pH 值为 4.67,年平均酸雨最小 pH 值为 4.22。酸雨发生频率最高是 2009 年,为 95.9%,最低则是 2012 年,为 82.3%。按照酸雨 PH 值标准划分来看,2008 至 2010 年年平均 pH 值属于较强酸性降水,而 2011 至 2012 年年平均 pH 值属于弱酸性降水。月平均酸雨最大 pH 值出现在 11 月,pH 值为 4.71,月平均酸雨最小 pH 值出现在 2 月,pH 值为 3.29;而酸雨频率月变化则可以看出 6 月份酸雨发生频率最高,为 90.4%,而 10 月份酸雨发生频率最低,为 44.0%。按季节分析,广州市秋季降水 pH 值最高,冬季降水 pH 值最低,秋季出现酸雨频率最小,冬季出现酸雨频率最大。四季轻雾日数与降水 pH 值呈显著的负相关,与酸雨频率呈显著的正相关。对风速与酸雨平均 pH 值分析,说明风速增大时,容易造成外来污染物的入侵,使污染加剧,酸雨平均值减小,酸雨频率增大。而雨量的变化对四季酸雨平均 pH 值有着显著的影响。

关键词:酸雨平均 pH 值;酸雨频率;轻雾日数;风速;雨量变化

中图分类号:P46

文献标识码:A

Analysis on acid rain observatory data in Guangzhou during 2008-2012

Yang Hui-yan, Wang Zhi-chun, Cheng Ming, Zhang Mei-yu

(1.Guangzhou Municipal Luogang District Meteorological Service, Guangzhou Guangdong 510530;

2. Guangzhou Province Climate Center, Guangzhou Guangdong 510080;

3. Zhaoqing County Meteorological Service, Zhaoqing Guangdong 526300)

Abstract: Based on the acid rain observatory data of Guangzhou during 2008-2012, Guangzhou annual, month, season average pH of acid rain and its frequency were analyzed, and the change of the acid rain was summarized, the results show that the in Guangzhou the average pH value of acid rain is 4.48 in five years, the annual average frequency is 75.8%. Annual average acid pH value is 4.67, largest minimum annual average acid pH value is 4.22. The occurrence frequency of acid rain is highest in 2009, at 95.9%, the lowest is 82.3% in 2012. According to the acid rain PH value standard, 2008-2010 annual average PH value belongs to the strong acid precipitation, and annual average PH value belongs to the weak acid precipitation from 2011 to 2012. Monthly average largest pH value of acid rain, in November, is 4.71, average monthly minimum pH value of acid rain, in February, is 3.29; While in the change of the frequency of acid rain, it can be seen that the highest frequency of acid rain, in June, is 90.4%, the lowest and the frequency of acid rain, in October, is 44.0%. Analysis according to the season, the highest pH is in the autumn, in winter is the lowest, the lowest the frequency of acid rain is in autumn, while is the largest is in winter. Fog days are negatively related to the precipitation of the pH value, and the frequency of acid rain has significant positive correlation. Analysis of wind speed and the average pH value of acid rain indicated that it's easy to cause the invasion of foreign pollutants, when the wind speed increases.

Key Words: the average pH value of acid rain; acid rain frequency; light fog days; wind speed; changes in rainfall

收稿日期:2013-10-15

作者简介:杨慧燕(1984-),女,广东汕头人,助理工程师,学士,主要从事地面气象测报工作。

1 引言

酸雨正式的名称是为酸性沉降,指 pH 值小于 5.6 的雨、冻雨、雪、雹、露等大气降水。它可分为“湿沉降”与“干沉降”两大类,前者指的是所有气状污染物或粒状污染物,随着雨、雪、雾或雹等降水形态而落到地面者,后者则是指在不下雨的日子,从空中降下来的落尘所带的酸性物质而言^[1]。广州作为珠江三角洲城市群的中心,酸雨污染严重,本文通过对广州酸雨观测站 2008 年-2012 年的酸雨日降水 pH 平均值数据的统计分析,分析总结了广州酸雨的变化特征和相关气象条件对形成酸雨的影响。

2 资料观测与计算方法

降水样本的 PH 值使用型号为 pHS-3B 的 PH 计测量,降水样品的 K 值使用型号为 DDS-307 的电导率仪测量。降水采样以当天 08:00 至次日 08:00 为一个采样日界。在一个降水采样日内,降水量达到 1.0mm 或以上,采集一个日降水样品,若一个降水采样日内有几次降水过程,则多次采样后合并为一个日降水样品。

本文所使用的年、月、季平均降水 pH 值、K 值按照以下方法计算:

(1)大气降水的酸碱度用 pH 值表示,采用氢离子浓度—降水量加权法,即将每次降水 pH 值换算成氢离子浓度后,乘上相应的降水量,求和,再除以月内总降水量,得平均氢离子浓度,再取负对数,即为月平均 pH 值:

$$V_i(H^+)=10^{-pH_i},$$
$$V_{平均}(H^+)=\frac{\sum V_i(H^+)R_i}{\sum R_i},$$
$$\overline{pH}=-\lg \overline{V}(H^+)$$

式中:pH_i为每次降水的 pH 值;V_i(H⁺)为由每次降水的 pH 值计算得到的氢离子摩尔浓度,单位为 mol/L;R 为每次降水的降水量,单位为 mm。

酸雨的临界指标按如下区间划分^[2]:

pH<4.0 为强酸性降水;4.0<pH<4.5 为较强酸性降水;4.5<pH<5.6 为弱酸性降水。

酸雨发生频率为该地区酸雨次数占总降雨次数的比例,即降水 pH 值<5.6 的次数,除以 pH 值观测

的总次数,可得酸雨发生频率,以下公式可表示酸雨发生频率:

$$S=\frac{a}{b}\times 100\%$$

式中:a——统计周期内酸雨样品数;
b——统计周期内降水样品总数。

3 2008 年至 2012 年酸雨观测资料分析

3.1 酸雨年均值和酸雨发生频率的变化

2008 年至 2012 年共采集降水样品 723 个,其中酸雨样品 685 个,占总样品的 94.7%。五年中广州的年酸雨平均 pH 值为 4.48,年平均发生频率为 75.8%。年平均酸雨最大 pH 值出现在 2012 年,为 4.67,年平均酸雨最小 pH 值出现在 2009 年,为 4.22。酸雨发生频率最高是 2009 年,为 95.9%,最低则是 2012 年,为 82.3%。按照酸雨 PH 值标准划分来看,2008 至 2010 年年平均 pH 值属于较强酸性降水,而 2011 至 2012 年年平均 pH 值属于弱酸性降水。

从表 1 中可以看出酸雨年平均 pH 值有上升的趋势,而年酸雨发生频率则呈下降的趋势,这说明广州的降水酸度正在逐渐减弱。

表 1 2008 年—2012 年酸雨年度统计表

年份	pH 值变化范围	年均 pH 值	酸雨频率%	酸雨次数
2008 年	3.47-4.45	4.25	94.7	114
2009 年	3.55-4.79	4.22	95.9	124
2010 年	3.95-6.37	4.30	92.2	145
2011 年	3.95-4.73	4.60	84.5	133
2012 年	4.54-4.97	4.67	82.3	169

3.2 酸雨月平均 pH 值和酸雨发生频率的变化

从图 1 中可以看到 2008 年至 2012 年中月平均降水最大 pH 值出现在 11 月,pH 值为 4.71,月平均降水最小 pH 值出现在 2 月,pH 值为 3.29;而酸雨频率月变化则可以看出 6 月份酸雨发生频率最高,为 90.4%,而 10 月份酸雨发生频率最低,为 44.0%。

3.3 酸雨季节变化

广州地区季节划分为春季从 3 月到 5 月,夏季从 6 月到 8 月,秋季为 9 月到 11 月,冬季从 12 月到 2 月。图 2 中反映出不同的季节 pH 值的变化规律:冬季在一年中降水 pH 值最小,为 4.19,且酸雨发生频率达到 96.8%,而秋季在一年中降水 pH 值最大,为 4.38,酸雨发生频率为 80.5%,综合来看,广州市

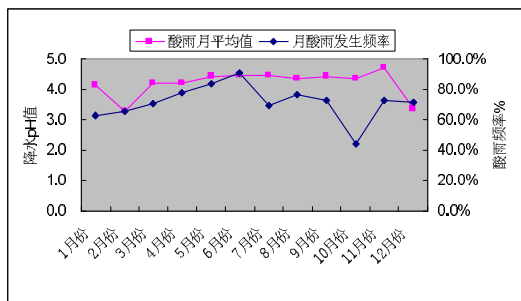


图1 广州降水 pH 值和酸雨频率月变化

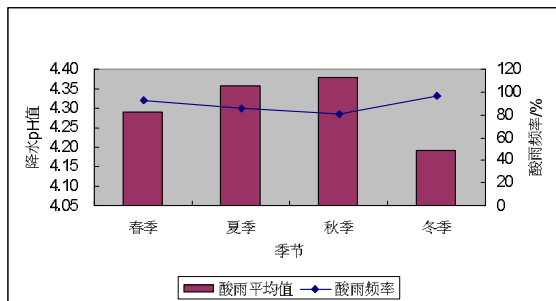


图2 广州降水 pH 值和酸雨频率季节变化

酸雨污染严重程度可分为:冬季>春季>夏季>秋季。

4 酸雨形成过程及气象条件相关性分析

4.1 酸雨的形成过程:

(1)水蒸汽冷凝在含有硫酸盐、硝酸盐等的凝结核上。

(2)形成云雾时, SO_2 、 NO_x 、 CO_2 等被水滴吸收。

(3)气溶胶颗粒物质和水滴在云雾形成过程中互相碰撞、聚凝并与雨滴结合在一起。

(4)降水时空气中的一次污染物和二次污染物被冲洗进雨。

4.2 气象条件相关性分析

4.2.1 与风速的关系

图3给出广州市四季平均风速与酸雨平均值变化曲线。平均风速与酸雨平均值呈明显的负相关,从秋季到冬季,风速增大,酸雨平均值减小,从春季到秋季,平均风速呈减小趋势,酸雨平均值呈增加趋势。冬季平均风速最大,为 $2.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,对应酸雨平均值最小值 4.19。图4可以看出酸雨频率与平均风速呈明显的正相关。冬季平均风速最大值,对应冬季酸雨频率最高值 96.8%。秋季平均风速最小,为 $1.7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,与秋季酸雨频率最低值 80.5%相对应。说明风速增大时,容易造成外来污染物的入侵,使污染加剧,酸雨平均值减小,酸雨频率增大^[3-6]。

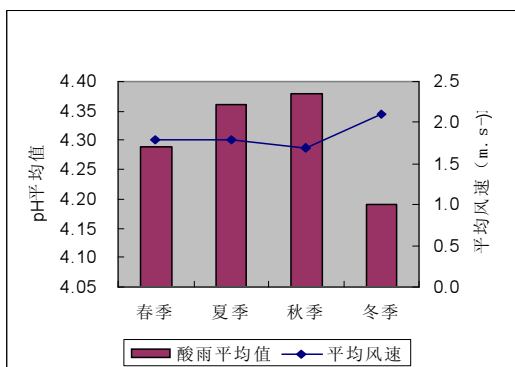


图3 季度酸雨平均值与平均风速

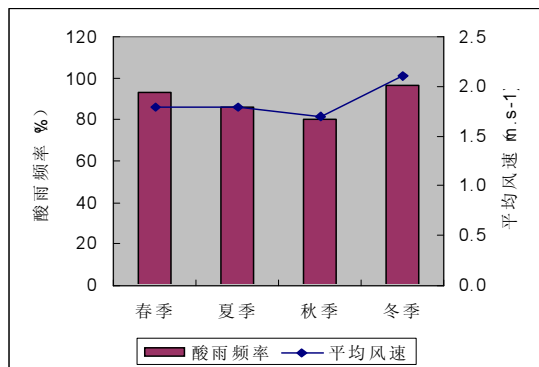


图4 季度酸雨频率与平均风速

4.2.2 与轻雾的关系

图5中轻雾日数与酸雨频率呈显著的正相关,从春季到秋季,轻雾日数减少,酸雨频率减少,从秋季到冬季,轻雾日数增加,酸雨频率增加。图6中给出轻雾日数与酸雨 pH 平均值的变化曲线,轻雾日数与酸雨 pH 平均值呈显著的负相关。从春季到秋季,轻雾日数减少,酸雨 pH 平均值增加,从秋季到冬季,轻雾日数增加,酸雨 pH 平均值减少。轻雾日数最小值出现在秋季,为 4.4 天,与秋季酸雨 pH

平均值最高值 4.38 和酸雨频率最低值 80.5%相对应。

在 685 次酸雨观测日中,共有轻雾 383 次,其中 325 次酸雨 pH 值 <5.6 ,即轻雾伴有降雨时,出现酸雨的频率为 84.85%。在 685 次酸雨观测日中,共出现大雾天气 8 次,在大雾天气中酸雨 pH 值全部 <5.6 ,说明大气层结稳定,污染物不易扩散,易形成酸雨,空气质量差,应尽量减少户外活动^[7-10]。

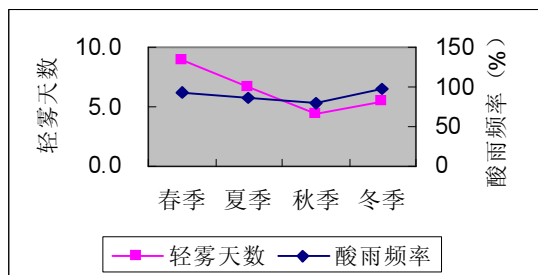


图 5 轻雾天数与酸雨频率

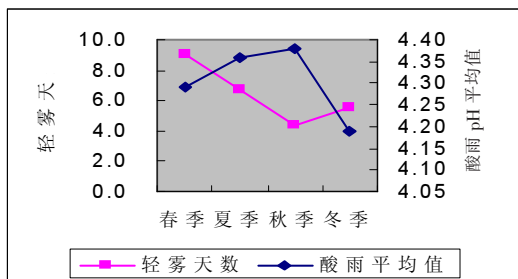


图 6 轻雾天数与酸雨 pH 平均值

4.2.3 与降雨量的关系

在酸雨观测中发现: 不同季节和不同雨量下的降水酸度相差各异。图 7 以广州市四季每次酸雨观测所取得的雨量按 5 个等级 (毛毛雨: $0.1 \leq R < 2$, 小雨: $2 \leq R < 10$, 中雨: $10 \leq R < 25$, 大雨 $25 \leq R < 50$, 暴雨: $R \geq 50$, R 的单位为 mm) 进行划分, 并对不同雨量等级下降水的 pH 平均值的变化情况进行分析, 在毛毛雨的降水季节, 春季的酸雨 pH 平均值最低, 而夏季的酸雨 pH 平均值最高; 在小雨的降水季

节, 除了春季、秋季的酸雨 pH 平均值有所上升外, 其余两个季节的酸雨 pH 平均值有所下降; 在中雨的降水季节, 冬季的酸雨 pH 平均值随雨量的增大, 呈明显的升高变化, 春季的酸雨 pH 平均值则缓慢升高; 在大雨的降水季节, 除了冬季没有超过 50mm 的雨外, 其他三个季节的酸雨 pH 平均值都是随雨量的增大而升高, 可见四季不同雨量的降水对其酸雨 pH 平均值的大小有着相当大的影响^[11-14]。

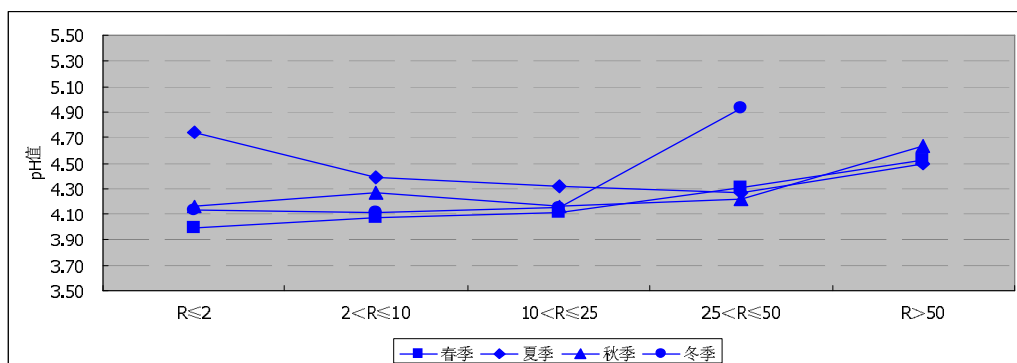


图 7 广州市四季 pH 值随雨量的变化情况

4.2.4 气候特征、地理位置对形成酸雨的影响

广州属于典型的华南季风气候区, 春季来自印度洋的暖湿气流在弱冷空气的作用下开始抬升, 边界层内的大气易形成深厚的逆温层, 使污染物无法向上扩散, 而广州周围的东莞、中山和深圳排放的大气污染物在西南风或者东南风的夹卷作用下在广州下沉积聚, 加大了发生严重酸雨的环境风险; 夏季充沛的降水有利于污染物的扩散和稀释, 珠江三角洲西北部污染企业相对少, 空气比较清洁, 洁净的西北风对广州城区污染物有稀释作用; 秋季和冬季降水明显减弱, 空气相对比较干燥, 加上广州北部从化、增城、花都以及市区东北多为中低山地和丘陵, 而南部的番禺和南沙则为冲积平原, 地形上形成北高南低的趋势, 这种临山靠海的地理环境, 不仅阻止了污

染物的垂直流动, 也在水平方向上阻挡了污染物的扩散, 使污染物更有积累的条件^[15-19]。

5 结论

(1) 从 2008 至 2010 年酸雨年平均 pH 值分析可以看出, 广州市酸雨年平均 pH 值有上升的趋势, 而年酸雨发生频率则呈下降的趋势, 这说明广州不断加大环境综合整治工作, 使空气质量明显改善, 也使广州的降水酸度正在逐渐减弱。

(2) 广州市秋季降水 pH 值最高, 冬季降水 pH 值最低, 秋季出现酸雨频率最小, 冬季出现酸雨频率最大, 广州市酸雨污染严重程度可分为: 冬季 > 春季 > 夏季 > 秋季。

(3) 广州市平均风速与酸雨平均 pH 值呈明显

的负相关,与酸雨频率呈明显的正相关,说明风速大有利于空气污染物扩散,提高了酸雨强度和出现频率。

(4) 广州市四季轻雾日数与酸雨 pH 平均值值呈显著的负相关,与酸雨频率呈明显的正相关,说明大气层结稳定,污染物不易扩散,易形成酸雨。

(5)说明风速增大时,容易造成外来污染物的入侵,使污染加剧,酸雨平均值减小,酸雨频率增大。

(6) 四季中不同雨量等级降水对其降水酸度的大小有着相当大的影响,总体上看春、冬两季随雨量的变化,酸雨 pH 平均值不断地升高,而夏季随雨量的变化,在毛毛雨至中雨的量级,则酸雨 pH 平均值是不断下降,秋季则变化不明显,到了大雨量级,春、夏、秋三季的酸雨 pH 平均值则均呈升高趋势。

参考文献:

- [1] 中国气象局.酸雨观测业务规范 [M]. 北京:气象出版社, 2005: 24-25.
- [2] 李仕安, 刘蕾, 周荣芳, 等.梅县酸雨与气象条件的关系 [J]. 广东气象, 2010, 32 (6): 41-42.
- [3] 陈雪莲.北海酸雨区的成因简析 [J]. 气象研究与应用, 2004, 25 (2): 36-37.
- [4] 秦鹏, 杜尧东, 刘锦銮, 等.广东省酸雨分布特征及其影响因素 [J]. 热带气象学报, 2007, 23(5): 287-300.
- [5] 陈伯通, 罗建中, 冯爱坤.广州地区酸雨状况及其影响因素探讨 [J]. 环境污染与防治, 2006, 28 (2): 112-115.
- [6] 黄小培, 覃峥嵘, 韦革宁.桂西酸雨的季节分布及风向频率统计特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (4): 11-13.
- [7] 黄春莎, 酸雨观测中应注意的问题 [J]. 广东气象, 2008, 29 (3): 85.
- [8] 张红安, 汤洁, 于晓岚, 等.2010.候马市酸雨长期变化趋势分析 [J]. 环境科学学报, 30 (5): 1069-1078.
- [9] 蒲维维, 张小玲, 徐敬, 等.北京地区酸雨特征及影响因素 [J]. 应用气象学报, 2010, 21 (4): 464-471.
- [10] 巴金, 汤洁, 王淑凤, 等.重庆地区近十年酸雨时空分布和季节变化特征分析.气象, 2007, 3 续 (9): 81-88.
- [11] 劳世毓, 程海龙.酸雨观测中常见问题的处理方法 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (S1): 93-94.
- [12] 林长城, 林祥明, 邹燕, 等.福州气象条件与酸雨的关系研究 [J]. 热带气象学报, 2005.21 (3): 330-336.
- [13] 陈海辉.曲江酸雨分布特征及成因分析 [J]. 广东气象, 2009, 31 (2): 53-55.
- [14] 韦翠云, 蔡丽.柳州酸雨分布特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 增: 22.
- [15] 李仕安, 刘蕾, 周荣芳, 等.梅县酸雨与气象条件的关系 [J]. 广东气象, 2010, 32 (6): 41-42.
- [16] 杨乐苏, 周光益, 于彬, 等.广州市酸雨成分及其相关分析 [J]. 生态科学, 2005, 25 (3): 254-257.
- [17] 王志春, 丁凌云, 刘尉, 等.广州酸雨现状及影响因素分析 [J]. 热带气象学报, 2011, 27 (5): 717-722.
- [18] 蔡丽, 韦翠云, 覃丽娜, 等.酸雨考核经验谈 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (S1): 95-96.
- [19] 黄春莎, 酸雨观测中应注意的问题, [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (3) 85-87.