

# 深圳市酸雨变化规律及成因

谭晓钧,王桂琼,古添发

(深圳市环境监测中心站,广东 深圳 518049)

**摘要:**分析了深圳市2000年—2009年降雨监测数据。结果表明:深圳市降水pH年均值 $<5.6$ ,一年中酸雨最严重的是7—9月;影响降水的主要离子是 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 和 $\text{Na}^+$ 。气象因素是影响深圳市降水酸度的重要因素之一。

**关键词:**酸雨;化学成分;深圳市

中图分类号:X517

文献标识码:B

文章编号:1006-2009(2011)06-0045-03

为了解深圳市酸雨变化规律及成因,对深圳市2000年—2009年降雨监测数据进行了统计分析。

## 1 监测点位及项目

### 1.1 监测点位

深圳在上世纪80年代中开展降水监测,当时特区内设一个降水监测采样点。2000年做了调整,全市6个市辖区各设一个降水监测采样点,并保留市监测站采样点,全市共7个点。

### 1.2 监测项目

降水量、pH值、电导率、 $\text{F}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 和 $\text{NH}_4^+$ 等指标。降水量、pH值、电导率逢雨必测;每月每个点取两个随机样用离子色谱法<sup>[1]</sup>做 $\text{F}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 和 $\text{NH}_4^+$ 离子分析。

降水量、pH值、电导率由各点站采样后即时测定,并用 $0.45\ \mu\text{m}$ 滤膜过滤样品冰箱保存,集中进

行阴阳离子分析。2009年5月起, $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 改为逢雨必测,由各点站采样后用 $0.45\ \mu\text{m}$ 滤膜过滤分析。

## 2 酸雨时空分布

### 2.1 酸雨的时间分布

2000年—2009年深圳市的降水pH年均值见图1,降水月均值变化见图2。

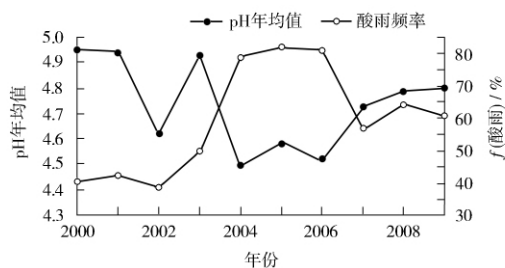


图1 降水pH年均值

Fig. 1 The pH yearly mean value of precipitation

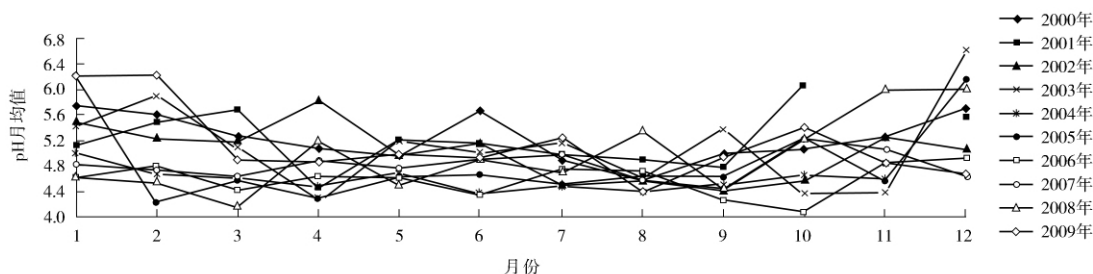


图2 降水pH月均值变化曲线

Fig. 2 The pH monthly mean value of precipitation

由图1可见,10年间全市的降水pH年均值 $<5.6$ 。2004年pH年均值为历年最小,达4.49。2005年酸雨频率最高,达81.9%。

收稿日期:2010-12-02;修订日期:2011-08-09

作者简介:谭晓钧(1968—),女,湖南长沙人,工程师,本科,从事环境监测工作。

由图2可见,10年间只有14个月的pH月均值 $>5.6$ ,且有9个月 $>5.6$ 的pH月均值出现在1、2和12月。7、8、9月的pH月均值从未出现过 $>5.6$ 的数值。

2008年11月—2009年2月出现连续4个月pH月均值 $>6$ ,原因是长时间没有降雨,大气中积累污染物较多,而在这4个月中全市只在局部地区出现降水量很小的降雨(2008年11月全市只采集到26.3 mm的雨量,12月19.8 mm,2009年1月0.6 mm,2月5.3 mm),雨水降下冲刷大气,吸收其中的气溶胶粒子和可溶性微量气体。当大气中积

累的污染物多而降雨量又小时,降落到地面的雨水溶入的成分浓度也就相应高,这从电导率可以看出(依次为 $37.2 \mu\text{S}/\text{cm}$ 、 $59.4 \mu\text{S}/\text{cm}$ 、 $64.5 \mu\text{S}/\text{cm}$ 、 $157.4 \mu\text{S}/\text{cm}$ )。因此降水pH值 $>5.6$ ,虽不是酸雨也不能表明大气质量好,可能是雨水受到碱性成分污染而呈现出pH值升高。

## 2.2 酸雨的区域分布

从2000年到2009年,全市6个行政区的降水酸性趋于接近,2004年以后各区降水pH年均值相差比较小。各区降水pH年均值见图3,各区年酸雨频率见图4。

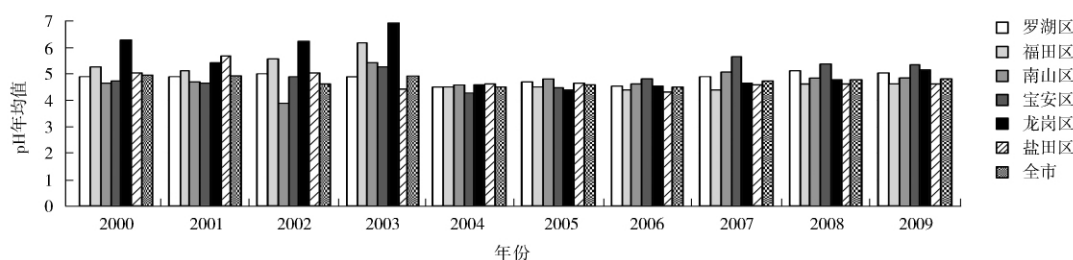


图3 各区降水 pH 年均值

Fig. 3 The pH yearly mean value of precipitation in districts

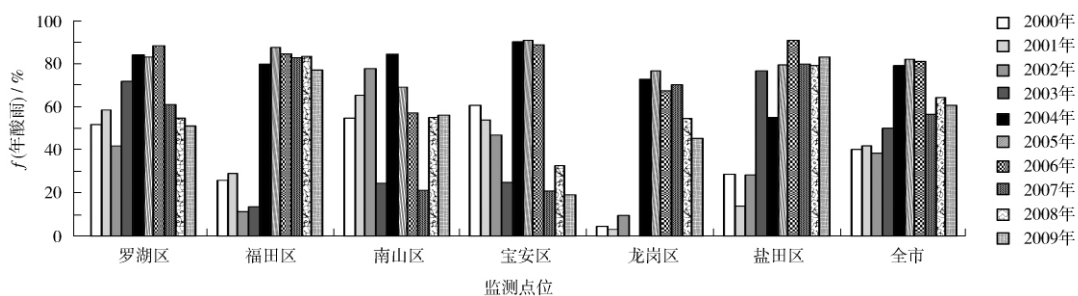


图4 各区年酸雨频率

Fig. 4 Frequency of acid rain in districts

东部龙岗区1996年至2003年降水pH年均值基本上是6左右,2004年后降至5以下,酸雨频率从2003年以前只有一位数,2004年跳升上到70%,之后每年都在70%左右。盐田区的降水pH年均值10年来均 $<5.6$ ,在2003年其酸雨频率有比较大的提高。西部宝安区、南山区的变化比东部小,而在2007年这两个区的酸雨频率有一个比较大幅度的下降,相应的pH年均值略有上升。中部罗湖区、福田区pH年均值和酸雨频率都是变化较小的区域。罗湖区和南山区从1991年至今降水pH年均值都 $<5.6$ 。

## 3 降水化学成分

深圳市降水化学成分百分比见表1。在阴离子中, $\text{SO}_4^{2-}$ 含量均 $>40\%$ , $\text{F}^-$ 含量很低, $<6\%$ 。在阳离子中 $\text{Ca}^{2+}$ 及 $\text{Na}^+$ 的含量较高, $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 的含量较低, $\text{NH}_4^+$ 的变化稍大。降水中的主要离子仍是 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 和 $\text{Na}^+$ <sup>[1]</sup>。20世纪90年代, $\rho(\text{SO}_4^{2-})/\rho(\text{NO}_3^-) > 3$ ,而2000年—2009年基本上 $<3$ ,2009年更是达到1.9,表明大气中 $\text{NO}_x$ 含量在上升。

根据文献[2-6],在做降水化学成分统计前,通过对实际样品作阴阳离子平衡计算来判断降水

样品的一组监测数据是否可靠有效<sup>[1]</sup>。在所计算的样品中(不同时间不同监测点)都是有效的。

表1 降水化学成分  
Table 1 Chemical composition of precipitation %

年份	各阴离子占阴离子总和的百分比				各阳离子占阳离子总和的百分比				
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
2000	54.1	17.8	22.8	5.3	6.1	38.9	37.8	4.7	12.5
2001	52.2	19.4	22.6	5.8	4.3	39.9	36.3	5.2	14.3
2002	42.2	17.3	37.5	3.0	5.5	29.3	53.8	4.4	7.1
2003	62.9	15.2	19.5	2.3	2.9	54.3	28.3	4.4	10.1
2004	56.6	23.1	17.1	3.2	3.0	18.7	39.3	6.0	33.0
2005	57.5	20.0	20.5	2.0	4.8	21.9	27.6	5.2	40.5
2006	55.2	20.6	22.2	2.0	2.7	35.9	29.3	8.6	23.5
2007	57.3	19.2	20.2	3.3	3.4	18.1	50.7	5.8	22.0
2008	43.72	18.22	22.85	2.63	2.63	20.66	37.97	5.26	17.17
2009	45.39	23.71	23.22	1.05	2.99	25.79	39.87	8.22	23.84

#### 4 酸雨成因

影响我国降水酸性因素文献中有所报道<sup>[7-8]</sup>,区域性酸雨的形成是诸多自然的和人为的因素综合作用的结果。深圳市的土壤主要是赤红壤和红壤,酸性较强,气温高,湿度大,太阳辐射强,并有一定的前体物排放,这些因素都有助于降水酸化。在高温高湿的条件下有利于SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>转化为H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、HNO<sub>3</sub>。

风速可影响大气中污染物的浓度。当风速大时,大气层结构不稳定,对流运动较强烈,污染物能够迅速扩散,使其浓度降低,酸雨就减弱;相反,风速小时,大气层结构比较稳定,容易出现逆温现象,污染物难以扩散,积聚在低层大气中,浓度增高,导致酸雨加重。风向的影响则表现在大气污染源的下风向容易出现酸雨,其上风向酸雨产生的机会大大减少。

由海洋浮游植物产生的二甲基硫是大气硫化物主要天然来源之一,其可被氧化生成甲磺酸和非海盐硫酸盐。这个因素也可能影响深圳市这个海滨城市的降水酸度。

局部地区的采样高度改变对降水酸度有一定影响。例如龙岗区监测站在2004年7月迁入现址,其降水监测采样点也就随之移至现在的大楼顶。旧址楼高比现在的低,周围建筑工地距离很近,碱性的建筑尘埃对降水有中和作用,龙岗区降水pH年均值在2004年之前比较高,2004年之后下降。

随着深圳能源集团妈湾电厂脱硫设施投入运行,深圳南山热电公司实施油改气,2007年南山区SO<sub>2</sub>排放量比2006年减少约8400t,局地SO<sub>2</sub>污染减轻;2007年降尘年均值比2006年略有上升,宝安区从2.85t/(km<sup>2</sup>·月)升至4.47t/(km<sup>2</sup>·月),南山区从6.09t/(km<sup>2</sup>·月)升至6.54t/(km<sup>2</sup>·月);加之2007年降水量偏少,可能使南山、宝安两区当年酸雨频率下降。

深圳市机动车数量快速增长,随之而来的机动车尾气污染越来越严重,可能造成深圳市降水NO<sub>3</sub><sup>-</sup>的浓度升高。

#### [参考文献]

- [1] 吴福全. 酸雨的测定及其质量控制[J]. 环境监测管理与技术, 2002, 14(3): 45-46.
- [2] 谢能泳, 刘延湘, 华秋月, 等. 离子色谱法测定固体颗粒中可溶性阴离子[J]. 分析实验室, 1999, 18(4): 66-69.
- [3] 程新金, 黄美元. 降水化学特性的一种分类分析方法[J]. 气候与环境研究, 1998, 3(1): 82-88.
- [4] 周竹渝, 陈德容, 殷捷, 等. 重庆市降水化学特征分析[J]. 重庆环境科学, 2003, 25(10): 112-114.
- [5] 杜涛, 扈政权, 梅自良, 等. 泸州市降水化学组成综合分析[J]. 成都大学学报, 2009, 28(1): 13-15.
- [6] 黄小蕾, 李军. 连云港市酸雨污染特征分析及控制[J]. 环境监测管理与技术, 2003, 15(4): 22-25.
- [7] 王文兴. 中国酸雨成因研究[J]. 中国环境科学, 1994(5): 323-329.
- [8] 王美秀. 酸雨问题概述[J]. 内蒙古教育学院学报(自然科学版), 1999, 12(2): 25-27.

本栏目责任编辑 李文峻