

厦门酸雨与气象要素的关系 及污染源的分析

俞绍才 蔡小平 陈小江 陈泽面

(厦门市环境监测站、科研所, 361004) (厦门市气象台, 361004)

提 要

根据厦门市 1983—1991 年 9 年春雨、梅雨及台风雨酸度的观测结果, 结合各场雨水同步观测的气象要素资料, 分析各类型雨水酸度与气象要素的关系。同时依降水的酸化原理估计了外来源及局地源对厦门酸雨形成的贡献。

关键词: 海滨城市 酸雨 气象要素 污染源

引 言

酸雨污染是全球性重大环境污染问题之一。对酸雨的来源及形成机理国内外已进行了许多研究。厦门市自 1982 年 5 月以来的降水观测表明, 在大气质量属于国家二级标准的厦门岛及一级标准的风景区鼓浪屿存在着较严重的酸雨污染^[1,2], 9 年中出现总酸雨频率为 67%。由于形成降水的各种云团是在一定的天气背景下受高空气流来向和天气系统移动的共同作用而沿着一定的路径移动, 通过不同污染程度的空间而酸化的, 因此, 统计降水酸度与各气象因子的关系, 有利于进一步了解厦门酸雨的形成及污染源。

1 实验观测及分析统计方法

1.1 厦门自然概况及地理位置

厦门市位于福建东南沿海, 东临台湾海峡, 背靠闽南大陆, 全市由厦门岛、鼓浪屿及沿海部分小岛和海域组成。其气候特点为温暖、潮湿、光照充分、季风影响明显及台风季节长等, 属于热带海洋性季风气候。

1.2 实验及分析统计方法

在统计时, 按春雨(2—4 月)、梅雨(5—6

月)、台风雨(7—9 月)和秋冬雨(10—1 月)进行, 且只考虑全市的降水情况。降水酸度级别分为 $\text{pH} < 5.0$ 、 $5.0—5.6$ 和 > 5.6 三个等级, 气象因子包括 500hPa 的高空天气形势、地面天气形势、降水性质、云系、500hPa 高空气流的来向及经雷达测得的回波来向。其中高空及地面的天气形势和 500hPa 高空气流, 以降水当天 08 时的常规天气图为依据, 其余各项均是与降水同步观测的结果。雷达为 713 气象雷达。

2 结果与讨论

2.1 降水酸度与气象要素的关系

1983—1991 年 9 年中, 观测的春雨、梅雨、台风雨及秋冬雨场次分别为 458、464、325 和 31 场。表 1—3 列出 9 年中各类雨水的酸度出现频率与各气象要素的统计结果。由表中结果可知, 对厦门春雨, 低槽是主要高空系统, 约占 62.9%, 出现酸雨的频率也最高, 为 87.6%, 其次是切变线。冷锋和高压是春雨的主要地面天气系统, 两者出现酸雨的频率也相当高。阵雨是厦门春雨主要降雨类型, 而层积云是主要降水云系, 出现酸雨频率

也较高。春雨期间高空气流主要来自西南和正西,分别占 70.1%和 24.7%,两者总和约占 95%,说明春雨高空气流主要来向自这两个方向。从回波看,来自正西、西南和西北的

云系分别占 52.1%,22.8%和 21.7%,三者总和为 96.6%。这说明造成厦门降水的气流及云系来自大陆方向的福建省、江西省及西南方向的两广地区。

表 1 厦门不同高空天气系统下各季节不同酸度降水的出现频率(%)

pH	低槽			高压			切变			台风			低压		
	5.0			5.0			5.0			5.0			5.0		
	<5.0	5.0	>5.6	<5.0	5.0	>5.6	<5.0	5.0	>5.6	<5.0	5.0	>5.6	<5.0	5.0	>5.6
春雨	45.7	9.4	7.8	6.9	1.1	1.8	18.3	4.0	3.8				0.7	0.2	0.4
梅雨	28.7	8.6	11.0	8.4	5.6	8.4	8.8	3.9	5.2	4.3	2.6	3.2	0.2		1.1
台风雨	8.6	5.5	2.8	4.9	1.8	10.2	0.6	1.2	1.5	8.3	13.2	18.2	8.9	6.2	8.0
秋冬雨	17.9	7.1	39.3		7.1	7.1	10.7		3.6			7.1			

表 2 厦门不同地面天气系统下各季节不同酸度降水的出现频率(%)

pH	锋面			高压			台风			低压		
	5.0			5.0			5.0			5.0		
	<5.0	5.0	>5.6	<5.0	5.0	>5.6	<5.0	5.0	>5.6	<5.0	5.0	>5.6
春雨	28.3	5.8	6.9	27.8	7.1	5.3				15.1	1.8	1.8
梅雨	24.6	9.7	13.1	14.4	5.0	6.5	3.9	3.2	3.2	6.9	3.7	5.8
台风雨	4.3	4.0	4.6	6.5	1.8	5.8	8.3	12.3	17.2	12.9	10.5	11.7
秋冬雨	3.6	3.6	28.6	14.3	10.7	21.4			7.1	7.1		3.6

表 3 厦门不同降水性质、降水云系下各季节不同酸度降水的出现频率(%)

pH	阵雨			雷雨			层积云			雷雨云			雨层云		
	5.0			5.0			5.0			5.0			5.0		
	<5.0	5.0	>5.6	<5.0	5.0	>5.6	<5.0	5.0	>5.6	<5.0	5.0	>5.6	<5.0	5.0	>5.6
春雨	48.4	11.9	8.2	23.8	2.4	5.4	52.4	12.3	10.0	18.6	2.2	3.5	1.1		
梅雨	37.5	16.4	18.3	12.9	4.5	10.3	34.8	13.9	18.4	13.2	6.1	9.3	2.4	0.9	1.1
台风雨	20.0	20.0	27.7	11.1	8.9	12.3	14.5	15.2	26.3	11.8	9.4	12.5	4.7	3.0	2.7
秋冬雨	18.2	15.2	57.6	6.1		3.0	18.2	12.1	42.4	6.1		3.0	3.0		15.2

对梅雨而言,低槽是主要高空系统,其次是高压和切变线,分别占 48.3%、22.4%和 17.9%,出现酸雨的频率分别为 77.2%、62.5%和 70.9%。冷锋为主要地面天气系统,其次为高压、低压和台风,分别占 47.4%、25.9%、16.4%和 10.3%。阵雨和层积云为主要降雨形式和降水云系。梅雨期间高空气流是全方位的,但西南、偏西及西北仍

为主要高空气流来向,分别占 52.3%、16.6%和 11.4%(总和为 80.3%),其酸化频率也较高。回波主要来自西南、西及西北,分别占 35.7%、25.3%和 11.4%。

对台风雨而言,主要高空系统为台风,其次是低压,分别占 39.7%和 23.1%,而主要地面系统是低压,其次是台风。阵雨和层积云仍为主要降水性质和云系。台风季节的高空

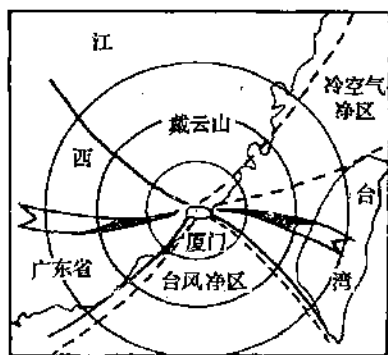
气流是全方位的,但西南气流略占优势,约占32.7%,回波来向也是全方位的,来自西南为29%,略占优势,这些方向也是台风雨主要酸化的途径。

秋冬雨,酸度较低,主要影响系统高空主要是低槽,地面受高压控制,降水性质为阵雨,主要来自层积云中,高空气流主要为西南风,回波来自西南偏西。

2.2 酸雨来源的分析及贡献比例的估算

2.2.1 酸雨污染来源的几条主要输送途径

由以上研究表明,厦门的降水,除少数由本地对流产生外,大量的降水云团(约占总云团的85%)形成后受高空引导气流与天气系统移动共同作用,由偏西方向的华南大陆迁移而来,来向包括了西南到西北这个1/4的圆周方位,而这个方位是厦门酸性春雨、酸性梅雨及酸性台风雨的主要来向。因此,赣南、湘南、福建内陆、两广地区及沿海的港澳地区均为厦门降水的上风向,这些地区是引起厦门雨水酸化的污染源。而台湾岛对雨水污染的影响是台风雨带经过它上空时就酸(如8903号台风雨),而经过南海东北部但不经过台湾岛时就不酸(如1990年8月20日10:50—8月21日8:00的台风雨)^[2];东路冷空气引起的降水也较少出现酸雨。厦门降水的污染区和非污染区范围可见附图。污染区范围为225—315°和75—130°,非污染



附图 厦门雨水的污染区及非污染区

黑色箭头表示污染雨团的路径来向

区范围为50—75°和130—225°,污染雨团的两条主要路径如图中黑箭头所示。

2.2.2 酸雨外来源及局地污染源贡献的估算

降水在大气中被酸化,主要有云中云水酸化及云下降水下落过程对大气冲刷而酸化这两种机制。因此,降水云系本身的特征及其周围气流的来向特征,是决定降水性质的两个最主要的因素。为了估算外来源及局地源对厦门酸雨形成的贡献,我们以来自污染区的降水云系的频率及其出现酸雨频率,以及降水期间来自污染区的气流频率及其出现酸雨频率,为外来源影响的基础数据;而以来自非污染区的数据为局地源影响的依据进行估算,其估算公式如下:

$$\text{外来源的贡献}(\%) = \frac{F_1 \times P_1 + C_1 \times P'_1}{F_1 \times P_1 + C_1 \times P'_1 + F_2 \times P_2 + C_2 \times P'_2} \times 100\%$$

$$\text{局地源的贡献}(\%) = \frac{F_2 \times P_2 + C_2 \times P'_2}{F_1 \times P_1 + C_1 \times P'_1 + F_2 \times P_2 + C_2 \times P'_2} \times 100\%$$

式中: F_1, F_2 分别为污染区气流及非污染区气流占的频率, P_1, P_2 分别为污染区气流及非污染区气流出现酸雨频率, C_1, C_2 分别为来自污染区及非污染区雨团的频率, P'_1, P'_2 分别为污染区及非污染区雨团出现酸雨的频率。利用上式及1983—1991年厦门458场春雨、464场梅雨、325场台风雨及31场秋冬雨

统计结果进行计算可知,各季节雨水外来源和局地源的贡献有所不同,春雨、梅雨及秋冬雨是外来源占主要,分别为99.5%,79.8%和100%,而台风雨则两者相当,但外来源略占优势,占52.5%,这与台风期间风力大,场尘较多,局地源易随风刮起进入云水而增加了局地源影响是一致的。就全年而言,外来源

对厦门酸雨形成的贡献约占 80.4%，局地源占 19.6%，即以外来源输送为主，叠加局地污染源的影响是厦门酸雨形成的机制，而来自西南及正西大陆方向的外来污染源是厦门酸雨的主要来源。

致谢：作者曾得到北京大学环科中心唐孝炎教授及毕木天教授的指导，本课题得到厦门市科委及福建省环保

局的资助，特此致谢。

参考文献

- 1 俞绍才等. 厦门海洋性酸雨的形成机制特点分析研究, 中国酸雨发展趋势及控制对策. 北京: 中国科学技术出版社, 1992 年, 54—56 页.
- 2 俞绍才等. 厦门海洋性酸雨分级分时段的研究. 上海环境监测, 1993, 第 1 期, 4—12.

Relationship between Meteorological Elements and Acid Rain and Its Sources at Xiamen City

Yu Shaocai Cai Xiaopin Chen Xiaojian

(Xiamen Municipal Research Institute of Environmental Protection)

Chen Zemian

(Xiamen Meteorological Observatory)

Abstract

According to the monitoring results of spring rain, mold rain and typhoon rain at Xiamen from 1983 to 1991, relationships among the acidity of every type of rain and meteorological parameters are studied by analyzing the monitoring data of meteorological parameters of every rain event. The contributions of long-transportation sources and local sources of pollutants to the formation of acid rain at Xiamen are estimated as well.

Key Words: seaside city acid rain meteorological parameter sources of pollutants