

# 连云港市酸雨污染特征分析及控制

黄小蕾, 李 军

(连云港市环境监测中心站, 江苏 连云港 222001)

**摘 要:** 根据连云港市降水监测资料和有关环境资料, 分析了该市酸雨的时空分布特征、降水酸度和酸雨频率的年变化情况, 以及酸雨发展趋势。结果表明, 该市酸雨污染冬季比夏季严重, 主要集中在西部地区,  $\text{SO}_2$  是影响降水酸度的主要因素, 酸雨类型以硫酸型为主。指出近年来该市酸雨污染趋势缓和, 但随着经济发展,  $\text{SO}_2$  的排放量加大, 酸雨污染有扩大趋势, 必须采取果断措施予以控制。

**关键词:** 酸雨; pH 值; 污染特征; 控制; 连云港

中图分类号: X830.5 文献标识码: A 文章编号: 1006-2009(2003)04-0019-04

## Distribution and Control of Acid Rain in Lianyungang

HUANG Xiaolei, LI Jun

(Lianyungang Environmental Monitoring Center, Lianyungang, Jiangsu 222001, China)

**Abstract:** From rain drop materials and other environmental data, the distribution in time and space latitude, acid degree and annual frequency of acid rain were analyzed. In Lianyungang, acid rain is more serious in winter than in summer, and is focus on the western area.  $\text{SO}_2$  is the main element for the make of acid rain. In recent years, the pollution of acid rain was mitigated. But with the increase of  $\text{SO}_2$  emission, the acid rain pollution will more serious. This must be controlled.

**Key words:** Acid rain; pH value; Pollution feature; Control; Lianyungang

连云港市位于我国沿海中部, 江苏省东北部, 东临黄海, 土地总面积为  $7\,444\text{ km}^2$ , 海域面积  $1\,759\text{ km}^2$ , 全市总人口为 455.61 万人, 市区人口 47.04 万人。连云港市海洋资源和矿产资源比较丰富, 其淮北盐场为全国八大海盐产区之一, 年产海盐 100 多万 t, “九五”期间, 全市国内生产总值 5 年平均增长 11.9%。由于经济的快速增长, 使环境承受的压力越来越大, 就空气质量而言, 2000 年市区  $\text{SO}_2$  年日均值为  $0.017\text{ mg/m}^3$ ;  $\text{NO}_x$  年日均值为  $0.031\text{ mg/m}^3$ ; TSP 年日均值为  $0.179\text{ mg/m}^3$ 。1996 年—2000 年该市降水 pH 值呈增加趋势, 酸雨频率呈下降趋势, 酸雨污染总体上趋于缓和。但是, 随着工业企业的发展,  $\text{SO}_2$  排放量的增大, 酸雨污染形势仍不容乐观。

## 1 研究方法

### 1.1 采样与分析

连云港市工业企业比较集中, 功能区分布比较明显。根据该市人口及区域环境特点, 设 2 个监测点, 一个是位于西部城区新浦区的市监测站(简称市监测站), 一个是位于靠海的东部城区连云区的石油基地(简称石油基地), 采样方法均按照《环境监测技术规范》要求, 实行逢雨必测。全分析项目为电导率、硫酸根、硝酸根、铵离子、氟离子、钙离子、钾离子、钠离子、镁离子; 必测项目为降水量、pH。

pH 测定方法为《空气和废气监测分析方法》的规定方法; 测定仪器为 pHs-3D 型酸度计。

### 1.2 数据处理

#### 1.2.1 平均 pH 值

平均 pH 值采用氢离子  $[\text{H}^+]$  雨量加权法计算。

收稿日期: 2003-03-11; 修订日期: 2003-05-19

作者简介: 黄小蕾(1976—), 女, 江苏射阳人, 助理工程师, 学士, 从事空气质量日报和预报工作。

$$pH_{\text{平均}} = - \lg[H^+]_{\text{平均}}$$

其中:  $[H^+]_{\text{平均}} = \sum ([H^+]_i \cdot V_i) / \sum V_i$

式中:  $[H^+]_i$  —— 氢离子量浓度, mol/L;

$V_i$  —— 各次样品的降水量, mm。

### 1.2.2 降水中阴、阳离子平均含量

按雨量加权法计算:

$$[I]_{\text{平均}} = \sum ([I]_i \cdot V_i) / \sum V_i$$

式中:  $[I]_i$  —— 第  $i$  次离子质量浓度, mg/L;

$V_i$  —— 第  $i$  次样品降水量, mm。

### 1.2.3 酸雨频率

$$\text{酸雨频率} = (\text{酸雨样品数} / \text{降水样品总数}) \times 100\%$$

式中:

酸雨样品数 —— pH 值 < 5.6 的样品数。

### 1.2.4 污染变化趋势的定量分析

分析方法为 Daniel 的 Spearman 秩相关系数法<sup>[1]</sup>。计算公式为:

$$r_s = 1 - 6 \left( \sum_{i=1}^n d_i^2 \right) / (N^3 - N)$$

其中:  $d_i = x_i - y_i$

式中:  $d_i$  —— 变量  $x_i$  和变量  $y_i$  的差值;

$x_i$  —— 周期  $I$  到周期  $N$  按浓度值从小到大的排列的序号;

$y_i$  —— 按时间排列的序号。

计算结果表明,  $r_s < 0$  呈下降趋势,  $r_s > 0$  为上升趋势。 $|r_s| > W_p$  为变化趋势显著,  $W_p$  为 Spearman 秩相关系数统计表中的临界值。

## 2 酸雨污染特征及分析

### 2.1 空间分布

1996 年—2000 年降水 pH 监测结果见表 1。

表 1 1996 年—2000 年降水 pH 监测结果

项 目	1996	1997	1998	1999	2000
全市降水最小 pH 值	3.66	3.99	3.78	4.98	5.34
全市降水 pH 均值	4.80	5.28	5.17	5.99	6.39
市监测站 pH 均值	4.60	5.17	5.13	6.15	6.41
石油基地 pH 均值	5.02	5.38	5.21	5.82	6.37
全市酸雨频率 $f / \%$	50	21.9	29.8	6.3	1.03
市监测站酸雨频率 $f / \%$	50	30.3	29.5	0	1.96
石油基地酸雨频率 $f / \%$	50	10.3	30	13.8	0
降水 pH 最小值所在点	市监测站	市监测站	市监测站	石油基地	市监测站

从表 1 可见, 除 1999 年外, 市区的西部城区酸雨频率略高于东部城区, 全市降水最小 pH 值、全市降水 pH 均值在 1996 年—1998 年期间, 西部地区均略低于东部城区, 表明西部城区受酸雨污染程度比东部城区严重。在 1996 年—2000 年期间, 市区酸雨频率呈明显下降趋势, 从 1996 年的 50% 下降

为 2000 年的 1.03%, 全市降水最小 pH 值、pH 均值基本上呈逐年上升趋势, 表明酸雨污染程度逐年减轻。

### 2.2 时间分布

根据 1996 年—2000 年降水监测结果, 将 pH 均值与酸雨频率的季节变化列于表 2。

表 2 1996 年—2000 年降水 pH 均值与酸雨频率季节变化

项 目	一季度	二季度	三季度	四季度	全年
样品数 / 个	54	97	148	74	373
酸雨样品数 / 个	18	14	35	9	76
pH 最大值	7.83	7.88	8.07	9.03	9.03
pH 最小值	3.78	3.99	3.66	3.99	3.66
酸雨 pH 均值	4.34	4.91	4.79	4.60	4.66
降水 pH 均值	4.70	5.39	5.35	5.38	5.20
酸雨频率 $f / \%$	33.3	14.4	23.6	12.1	20.8

由表 2 可见, 连云港市每年一季度的酸雨频率最高, 达 33.3%, 酸雨 pH 值最低为 4.34, 表明该市

冬季酸雨污染更为严重, 这与该市冬季大面积使用取暖炉和该地的  $\text{SO}_2$  排放总量在季节上的分布是一致的。

此外, 该市较强酸雨多出现在阴雨天气, 因为连绵的阴雨粒径小, 密度大, 持续时间长, 有利于雨滴对污染物的冲刷和吸附。另外, 2 次降水间隔时间越长, 酸雨出现的频率却明显减少, 这是因为该市的碱性土壤造成了大气中气溶胶粒子呈碱性, 长时间不降水, 大气中碱性气溶胶粒子逐渐积累, 一旦降水, 这些气溶胶粒子被吸收, 对酸雨起到了中和作用。

### 2.3 时空分布

酸雨时空分布特征表明, 连云港市的酸雨污染是冬季较夏季严重, 并且西部地区重于东部地区, 这是因为海州工业区位于该市的西部, 企业较多, 共有 74 家大气污染企业, 工业窑炉 106 座, 各种生产和生活锅炉 96 台, 各种烟囱 230 多个, 主要污染企业是连云港碱厂和新海发电公司等。此外, 连云港市属海洋性气候, 环流季节变化明显, 干湿季节分明, 一年中风向、降水随季节不同而发生有规律的变化。据历史气象资料统计, 市区主导风向是东南风, 冬季盛行偏北风, 夏季盛行东南风, 年平均风速为  $3.0 \text{ m/s}$ , 年平均降水量、降水分布不均匀, 夏季降水较多, 其他季节降水较少, 6 月—9 月市区降水量  $650 \text{ mm}$ , 约占全年降水量的 70%, 其他时间市区降水量约  $280 \text{ mm}$ , 约占全年的 30%。由此可见, 处于城市主导风向和主要污染源下风向的西部地区, 酸雨污染较东部地区严重。

## 3 酸雨污染趋势分析

### 3.1 降水酸度

根据表 1 的 pH 年均值结果, 由 Spearman 秩相关系数法的趋势检验可知, 1996 年—2000 年连云港市的降水 pH 值在置信水平  $\alpha = 0.05$  时呈较为显著的上升趋势, 表明 5 年来, 该市酸雨污染总体上呈较为明显的减轻。但是, 与石油基地点位相比, 市监测站点位的降水 pH 5 年均值仍比石油基地低。2 个监测点的降水 pH 年变化结果显示, 市监测站、石油基地的降水 pH 均值呈逐年增加, 从 1999 年开始, 全市、市监测站、石油基地的降水 pH 均值都大于 5.6。

### 3.2 酸雨频率

Spearman 秩相关系数法的趋势检验结果表明,

1996 年—2000 年全市的酸雨频率在置信水平  $\alpha = 0.05$  时呈较为显著的下降趋势。

### 3.3 降水离子成分

1996 年—2000 年连云港市区降水中主要离子成分及其年均值见表 3。

表 3 1996 年—2000 年降水中主要离子成分及其年均值

项 目	1996	1997	1998	1999	2000
pH 值	4.80	5.28	5.17	5.99	6.39
电导率 $\gamma / (\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1})$	4.9	5.1	6.9	5.4	7.7
硫酸根 $\rho / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	11.04	8.0	7.9	15.7	24.5
硝酸根 $\rho / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	1.4	1.63	2.2	1.60	4.60
氯离子 $\rho / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$				3.28	7.11
氟离子 $\rho / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.13	0.10	0.20		0.83
铵离子 $\rho / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	2.11	2.15	1.46	1.62	3.00
钙离子 $\rho / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	3.25	1.49	3.28	1.99	5.01
钾离子 $\rho / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$				0.341	0.388
钠离子 $\rho / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$				0.457	4.68
镁离子 $\rho / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$				0.189	0.699

由表 3 可见, 在 1996 年—2000 年期间, 连云港市降水中硫酸根与硝酸根的比值分别为 7.86、4.91、3.59、9.80、5.33, 表明该市酸雨以硫酸型污染为主, 大量燃煤企业排放的  $\text{SO}_2$  是产生酸性降水的主要原因之一。

### 3.4 $\text{SO}_2$ 排放量

连云港市  $\text{SO}_2$  年排放量与耗煤量见表 4。

表 4  $\text{SO}_2$  年排放量与耗煤量

年度	耗煤量 $m / (\text{万} \cdot \text{a}^{-1})$	排放量 $Q / (\text{万} \cdot \text{a}^{-1})$
1996	293.28	5.697
1997	282.44	7.129
1998	363.23	4.746
1999	199.12	3.216

由表 4 可知, 由于改变能源结构、治理废气污染, 1996 年—1999 年  $\text{SO}_2$  排放量总体上呈下降趋势。

## 4 酸雨控制

### 4.1 调整能源结构, 提高能源利用率

降低煤炭在能源消费中的比例, 对新建的工业企业原则上不再上分散燃煤锅炉, 逐步用清洁能源代替市区分散锅炉, 减少其他方面的用煤量。在控制煤炭消费总量的基础上, 努力提高天然气消费量占能源消费量的比例和外来电源占全市用电量的比例, 积极扶持和推进其他可再生能源的开发和利用, 提高可再生能源在全市能源消费总量中的比例。

#### 4.2 SO<sub>2</sub> 排放总量控制

(1) 采用低硫煤是电厂有效降低 SO<sub>2</sub> 排放量的重要措施之一, 同时也能保证电厂 SO<sub>2</sub> 排放浓度达标, 也可以采用低硫轻柴油代替煤炭, 以削减 SO<sub>2</sub> 排放量。

(2) 优先建设烟气脱硫工程。

#### 4.3 改造中小炉灶, 控制 SO<sub>2</sub> 排放

对全市中、小锅炉进行改造, 采取集中供热方式, 重点在开发区的工业区集中建设供热系统。

#### 4.4 控制汽车尾气污染

改进汽车发动机技术, 安装尾气净化装置, 减

少 NO<sub>x</sub> 的排放。

#### 4.5 监督管理

实施排污许可证制度, 实现 SO<sub>2</sub> 污染控制的长效管理, 征收 SO<sub>2</sub> 排污费, 实施 SO<sub>2</sub> 排放交易, 用经济手段促进产业结构和工业布局的调整, 以用最小投资达到控制 SO<sub>2</sub> 排放的最佳效果。

#### [参考文献]

- [1] 金浩波, 司 蔚. 江苏省酸雨污染现状及趋势分析[J]. 江苏环境科技, 2000, (4): 22~ 23.

本栏目责任编辑 张启萍

(上接第 18 页)

工作, 使发动机工作不稳定, 导致排放不稳定<sup>[1]</sup>。

(2) 油改气装置上的汽化调节器、电磁阀灵敏度调节螺栓的调整不当, 或调整后经常移位, 或功率阀真空管及接头泄漏等因素, 会直接改变车辆的空燃比(λ值), 影响车辆尾气排放效果。

(3) 车辆状况不稳定是导致尾气排放不达标的重要因素。在受检车辆中, 个别车辆由于车辆状况较差, 其发动机缸体的空气压缩比低, 车辆在运行过程中, 会导致气门间隙、点火时间、混合气测定结果、活塞环的密封性等工况条件发生变化, 造成有关技术参数改变, 使排放值升高。

#### 4.2 建议

(1) 加强汽车专用液化气供给系统的建设与管理, 确保车用液化气质量达到规定要求。

(2) 进一步筛选应用技术可靠、质量稳定的 LPG 装置, 并制定有关规定, 要求从事油改气工程的技术服务单位, 为用户做好 LPG 装置使用的技术指导和售后服务工作。

(3) 加强对油改气车辆的日常检查与维护保养, 定期清洗贮气瓶、空气滤清器, 保证油改气车辆的工况条件正常。

#### [参考文献]

- [1] 袁 盈, 肖亚平, 傅立新. 机动车污染控制 100 问[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000. 61- 62.

#### • 简讯 •

### 山东省开展“小康社会环境质量指标体系”课题研究

近日, 山东省为全面建设小康社会, 实现“大而强, 富而美”的社会主义新山东目标, 在全省范围内开展了“小康社会环境质量指标体系”课题研究。该课题立足于山东省的经济发展、社会进步、环境保护、可持续发展以及群众的需求, 在科学、求实的基础上, 广泛吸取省内外、国内外的研究成果和经验, 建立起具有前瞻性、可靠性、可操作性的指标体系。

### 大连市环境监测中心出台《抱怨制度》

2003 年 4 月, 大连市环境监测中心出台了《抱怨制度》。此举旨在提高市环境监测中心对外服务质量, 妥善处理来自客户和相关方面的意见和抱怨。该制度对抱怨的受理范围、受理部门和职责、处理抱怨的程序以及抱怨人的权利和义务做了详尽的说明。同时, 制定了相应的考核办法, 对违反规定造成抱怨的中心职工, 将给予一定的纪律处分或经济处罚。通过实施该制度将进一步规范该环境监测中心的管理工作程序, 是对其管理工作的一项重要补充。

摘自中国环境监测总站《环境监测信息简报》2003 年第 4、5 期