

酸雨文集

中国环境科学学会 编

91

中国环境科学出版社

酸 雨 文 集

中国环境科学学会 编

中国环境科学出版社

1989

内 容 简 介

酸雨及其影响已经成为严重的世界性问题，目前世界各国都在寻求不同的预防和治理途径。在我国也同样引起重视。

本论文集就中国酸雨的现状和发展趋势，酸雨的成因及来源，酸雨对生态的影响进行了探讨和论述，是研究酸雨及其危害的重要理论资料。

本书可供从事环境保护、生物工程、建筑机械等管理人员和科技人员参考。

酸 雨 文 集

中国环境科学学会 编

责任编辑 刘永良

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

邢台地区印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

1989年11月第 一 版 开本 850×1168 1/32

1989年11月第一次印刷 印张 15 3/4

印数 1—5000 字数 410千字

ISBN 7-80010-519-9/X·299

定价 6.90 元

《酸雨文集》编审委员会

主 编：朱钟杰

副主编：陈志远 侯秉政

编 委（按姓氏笔划排列）

朱惠清 张新华 曹秀兰 瞿爱权

前 言

1987年的秋天，中国环境科学学会在北京召开了酸雨研讨会。会议对中国酸雨的现状与发展趋势，酸雨的成因及来源，酸雨对生态的影响等方面的科研成果作了较为全面的总结，并对今后酸雨的研究战略提出了不少有益的见解。会后，代表建议编辑出版酸雨文集，供各方面进一步交流。此建议，得到了有关部门的支持和赞同。于是，这本文集就问世了。

酸雨已经成为当今世界环境污染的一个引人注目的严重问题。酸雨已造成北美和西欧的国际纠纷，相互指责，莫衷一是。人们认为，酸雨对生态系统的危害程度至今尚无定论。例如，酸雨对森林危害的机制和某些污染物的输送途径尚未弄清。大多数科学家认为，这是某种综合、协同作用的结果。又如，有的科学家认为，酸雨沉降和干旱的综合作用是美国东部地区森林衰亡的主要原因。也有的认为是臭氧和酸雨沉降的协同作用所致。世界各地每年几乎都有环境问题的各种讨论会，科学家们总是把酸雨作为热门话题。

酸雨研究，在我国也已进入一个崭新的阶段，研究内容更加丰富。特别是酸雨分布的监测和酸雨的物理化

学过程及特性和研究方面，都大大前进了一步。由于我国能源结构的特点，大气污染必然是煤烟型的，酸雨严重恶化的趋势也就不可避免的了。对于酸雨这一相当复杂的问题，有必要进行多学科、跨地区的综合研究、建立长期性的生态研究观测点，以便积累资料，为防治酸雨对生态的危害，提供对策措施和科学依据。

我们希望，这个文集的出版将有助于促进我国酸雨研究的进一步发展。

朱钟杰

1989年10月

目 录

前 言

一、我国酸雨的物理、化学过程

对影响“酸雨”的主要因子的初步研究

.....童思文 朱铁军 (1)

云下雨水酸化的数值模拟及重庆酸雨形成机理的探讨

.....刘帅仁 黄美元 (10)

数值模拟降雨洗脱痕量气体...沈 济 赵倩雪 赵殿五 (25)

西南地区酸性降雨污染来源的初步探讨

.....汪安璞 沈 海 杨淑兰 沙 因 刘平生 (37)

西南地区大气中硫及氮化合物的化学状态

.....沈 海 汪安璞 (48)

大气颗粒物与降水相互影响及其在酸雨形成中作用的探

讨.....王 玮 王文兴

赵德山 陈延智 汤大钢 姜振远 韩应健 宁 洁 (58)

气团轨迹计算及峨嵋山地区酸雨来源探讨

.....蒋大和 (71)

雨水对硫氧化物冲刷和大气氧化硫转化的研究

.....徐家骧 林希坚 (78)

降水化学成分及其与pH值关系的探讨

.....李中愚 罗 军 祁洪喜 李松雨 (84)

酸性雨的形成和危害.....陶大钧 张信华 纪仲昉 (95)

大气SO₂降水洗脱及其对酸雨的贡献.....徐 渝 (103)

梅雨期间大气本底污染状况初探.....洪盛茂 (116)

峨嵋山地区酸雨与大气污染关系的探讨.....窦春阳 (123)

酸雨判据的研究.....	莫天麟 顾庆超 赵亢生(132)
一次苏南地区酸雨与江淮气旋的关系...	陈诗力 董志根(142)
酸雨研究的质量控制和质量保证.....	庞叔薇(153)
用化学发光流动注入分析法测定雨水中的过氧化氢	
.....	张大年 郑 剑 潘金芳 刘兆辅(171)
降水酸度测定误差及其消除.....	徐启中(179)
广东春季酸性降水的化学特征	

.....	唐孝炎 王美蓉 邵可声 孙庆瑞(185)
广东地区降水中离子浓度与雨量的关系	

.....	孙庆瑞 王美蓉 唐孝炎 陈廷智 郑树声(195)
-------	--------------------------

二、我国酸雨分布现状及趋势

我国降水酸度和化学组成的时空分布特征

.....	魏复盛 王明霞
王瑞斌 程春明 程子峰 钱铁宗 龚丽珍 李顺君(203)	
我国酸雨的区域化研究.....	李洪珍(208)
我国大气降水化学背景值的研究.....	程春明
魏复盛 王瑞斌 王明霞 程子峰 钱铁宗 龚丽珍(217)	
我国南北方降水化学组分某些特征的研究.....	王瑞斌
魏复盛 程春明 王明霞 钱铁宗 程子峰 龚丽珍(227)	
长沙市酸性降雨相关性分析.....	程运林(240)
四川省酸雨现状及发展趋势.....	陈攀江
王永明 万学俊 刘光前 刘祖桂 叶 强 张进波(250)	
广州地区酸雨现状的研究	
... ..	全文哲 李友谅 陈镇华 刘攸弘(265)
重庆降水化学和大气污染垂直分布的观测和分析	
.....	张冬保(276)
武汉地区酸雨形势分析.....	张延毅 郭德惠(289)
重庆酸雨状况及化学特征.....	陈思龙
骆启仁 张冬保 徐 渝 高世东 阎华娅 孟 梅(302)	

广东省降水酸度分布初探·····	郑树声(321)
陕西省酸雨普查研究初探·····	王新荣(332)
深圳经济区降雨酸度的初步分析·····	林庆华(344)
西安市酸雨的现状及发展趋势分析·····	李葆华 李洪珍(350)
江苏省南通市1983—1986年酸雨状况及分析 ·····	吴栋生 洪广成 陆惠芬 胡小玲(363)
上海地区酸雨研究·····	上海市环境保护科学研究所 上海市气象科学研究所 上海市农科院土壤肥料研究所(370)
三、我国酸雨对环境、生态及材料的危害与影响	
模拟酸雨对农作物生长和产量影响的研究 ·····	曹洪法
高映新 舒俭民 刘燕云 陈锐章 黄福祥 彭桂英(381)	
模拟酸雨对重庆砂质黄壤的淋洗研究··	耿晓源 程伯容(392)
峨眉山冷杉衰亡与酸性降水关系的初步研究 ·····	曹洪法 高映新
舒俭民 刘燕云 苏 岩 刘连贵 陈延智 王 玮(409)	
重庆南山马尾松林区酸雾的研究 ·····	刘厚田 杜晓明 邢冠华(421)
酸性沉降物对重庆土壤和森林生态的影响 ·····	程伯容 许广山 丁桂芳 张玉华 宁 毅(428)
酸沉降对水生生态系统的影响·····	李辛夫(435)
模拟酸雨对油菜生长影响的试验研究 ·····	陈玉谷 何宗英 万秀林(445)
模拟酸雨对几种蔬菜生长影响的试验··	华 筠 王 苹(451)
酸雨对钢筋混凝土材料腐蚀影响的热力学研究··	陆张跃(455)
酸雨对混凝土建筑物、文物损坏机理的探讨·····	
·····	陈昭宜 刘蕊梅(460)
西南地区酸雨对森林生态系统的影响·····	
··陈楚莹 冯宗炜 程伯容 张家武 周崇莲 杨金宽(466)	

利用苔藓、地衣及悬铃木对贵阳市大气二氧化硫和酸雨	
影响的评价与研究·····章志兰 樊丽云 林齐维(476)	
酸雨与气象条件的关系·····杨东贞(487)	

一、 我国酸雨的 物理、化学过程

对影响“酸雨”的主要因子的初步研究

童思文 朱铁军

(江苏省环境监测站)

本文所言的“酸雨”系指 pH 值 <5.6 的天然降水。对影响“酸雨”的主要因子的研究,是分析酸雨的化学成因,进行酸雨预测及制订控制酸雨的基本对策所必不可少的。本文根据近年来我省在降水监测方面取得的大量资料,从宏观上来说明影响酸雨变化的主要因子,以便为研究酸雨预测和控制酸雨的基本对策提供依据。

(一) 影响因子分析

自1982年起,我省有60多个市、县环境监测站先后开展了降水监测,设置降水监测点200多个,获取数据3万余个。同时,对其中12个监测点的降水样品进行了化学分析,测定降水中的 F^- 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 等30多种元素。通过对这些资料的分析研究,我们认为降水 pH 值的变化、

即酸雨的形成与大气污染物的性质和浓度及气象因子有非常密切的关系。

1. 大气污染对酸雨形成的影响

图1-1是江苏省1983~1985年的酸雨频率分布状况,从图中可见我省城市的酸雨出现频率一般比其周围县城的酸雨频率高。尤其是南京市更显著,市区酸雨频率比周围的六合,江浦、江宁等县城高出2~6倍。这是因为我省城市目前的大气污染比农村严重,大部分的大气污染物集中在城市排放,如南京、常州、苏

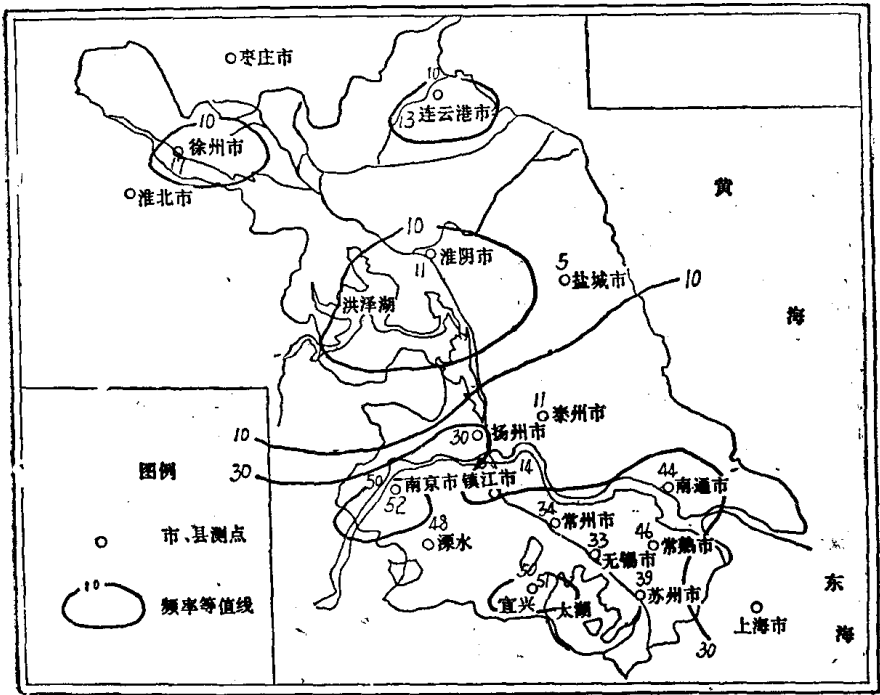


图1-1 1983~1985年江苏省酸雨频率分布

州、徐州等11个市的市区面积仅占全省面积的6.3%,而废气排放量则占全省的67%,其单位面积上的污染负荷达 $100\text{t}/(\text{a}\cdot\text{km}^2)$ 。又如:南京市区1984年的 SO_2 浓度为 $0.09\text{mg}/\text{m}^3$ (指年日均值),而郊区为 $0.04\text{mg}/\text{m}^3$,城区比郊区高1.3倍。因此,大气

污染是酸雨形成的主要原因。在一般情况下，大气污染严重的地方，酸雨频率高。但这也不是绝对的，有的地方大气污染严重，但酸雨并不严重，这是因为酸雨的形成还取决于进入降水中的污染物性质及其它因素的影响。

2. 大气污染物的性质对酸雨形成的影响

酸雨的形成与进入降水中的污染物性质，浓度及其酸性物质与碱性物质的总量的“比值”相关。“比值”大说明进入降水中的酸性污染物成分较多，降水呈酸性，反之，降水呈碱性。为此，我们收集并分析了部分城市的降尘样品，研究了它们与酸雨之间的关系。（见表1-1）从表中可见各市酸雨频率的大小与降

表1-1 江苏省部分城市降尘成份与酸雨频率关系

市名	降尘中酸性污染物总量 (ppm)	降尘中碱性污染物总量 (ppm)	酸 碱 比 值	1983~1985年 酸雨频率 (%)
常州	71900	150041	0.48	43.5
无锡	47000	166207	0.28	33.3
苏州	80550	161283	0.50	39.6
南通	62350	132539	0.47	42.5
连云港	26480	137579	0.19	17.0
徐州	12650	168491	0.03	19.9
镇江	13000	251694	0.05	14.6

尘中酸性物质和碱性物质的总量的比值关系密切，如镇江，连云港，徐州三市降尘中酸性物质与碱性物质总量比值小，则酸雨频率低；南通、苏州、无锡、常州四市降尘中的酸性污染物质与碱性物质总量比值大，则酸雨频率高。这说明酸雨的形成取决于进入降水中酸、碱性污染物质的比值，而不仅仅取决于酸、碱性污染物质的绝对量。

为了说明降尘对降水的影响，我们还分析了部分城市1983~1984年的 SO_4^{2-} 湿沉降量和当地同期降尘量的关系。在一般情况下，降尘量增加， SO_4^{2-} 的湿沉降量增加；降尘量减少， SO_4^{2-} 的

湿沉降量减少。例如：镇江市1983年降尘量为 $39.6\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ， SO_4^{2-} 湿沉降量为 $221.1\text{kg}/(\text{ha}\cdot\text{a})$ ；1984年降尘量下降到 $20.6\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ 。则 SO_4^{2-} 的湿沉降量降到 $159.2\text{kg}/(\text{ha}\cdot\text{a})$ 。

3. 酸雨与大气中 SO_2 浓度的分布密切相关

苏州市监测站曾对该市降水pH值与 SO_2 年日平均浓度进行对比，说明该市年降水pH平均值的“低值区”与该市 SO_2 年日平均浓度值“高值区”是基本一致的；我们绘制了南京市1983年酸雨频率与同期 SO_2 年日平均浓度值分布对比图，图样表明：南京市酸雨频率“高值区”与该市 SO_2 年日平均浓度值的“高值区”是基本一致的。

4. 自然污染物对酸雨的影响

降水中的污染物除了来自人为污染源以外，来自自然界的也不少，如土壤、海洋、森林大火，火山尘埃等。从我省的酸雨情况调查分析来看，目前我省降水pH值受自然源的影响，主要表现在土壤的酸、碱性对降水pH值的影响，两者的相关性是比较好的。图1-2、图1-3分别是《江苏省降水pH年平均值分布图》与《江苏省土壤酸、碱度分布图》，将图1-3与图1-1、图1-2相比较，可见：一般酸性土壤地区的降水pH值偏低，酸雨频率较高；碱性土壤地区的降水pH值偏高，酸雨频率较低。如在苏南的宜兴、溧阳等地，土壤pH值在 $5.0\sim 5.5$ 之间，该地区的降水pH值也偏低、酸雨频率较高，而苏北徐州等地的土壤pH值大于 7.5 ，属偏碱性，该地的降水pH值偏高、酸雨频率也低。

5. 气象因子对酸雨形成的影响

气象因子对降水pH值的影响主要有两个方面：一是大气流场，二是降水性质。

(1) 大气流场对降水pH值的影响

在正常情况下，一地的污染物排放量变化是不大的，但为什么地面大气污染物浓度会有时高，有时低，有时出现酸雨、有时不出现酸雨呢？这部分原因是大气流场起了一定的作用。大气运

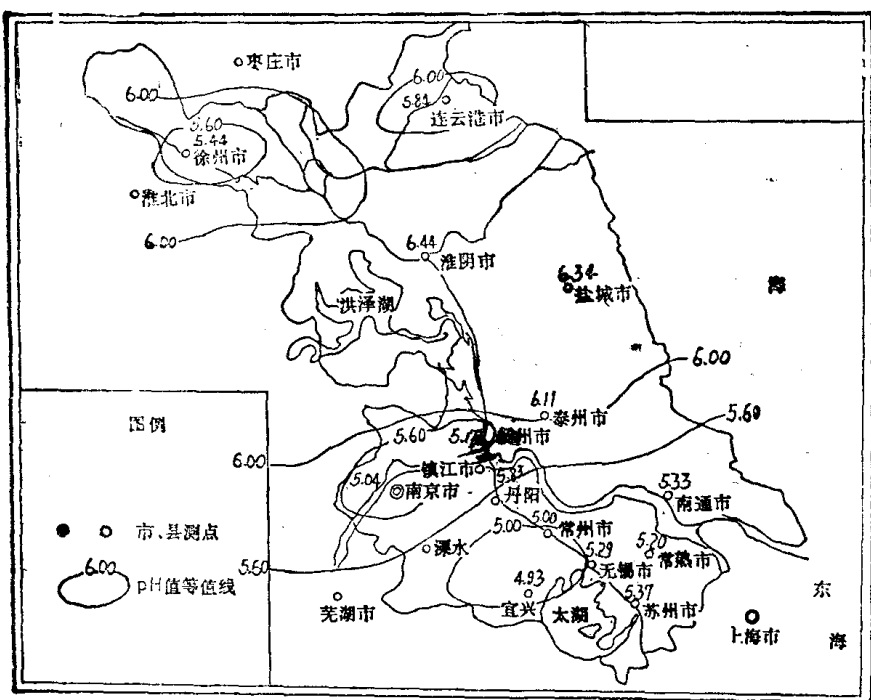


图1-2 1983~1985年江苏省降水pH平均值

动对污染物的输送、扩散、稀释和汇集等关系很大，一般情况下，低空微风辐合的流场是酸雨出现的有利条件，这种流场有利于污染物的汇集，而且只有当这种辐合使污染物汇集达到一定的浓度和厚度时，才具备出现酸雨的条件。在城市上空的污染物是较厚的，据南京梯度气象观测站测定，在200m上空 SO_2 日均浓度达 $0.298\text{mg}/\text{m}^3$ 。而在大风的情况下，污染物扩散而不易汇集，因此不易出现酸雨。大气流与降水酸度的关系，一般可用大气“水平通风量”来描述，在污染物排放量一定的情况下，降水酸度随着水平通风量的减小而增强；而当水平通风量大于一定数值后，一般不会出现酸雨。

(2) 降水性质对降水pH值的影响

大气中的污染物进入水滴一般有两个过程，即雨除与冲刷过

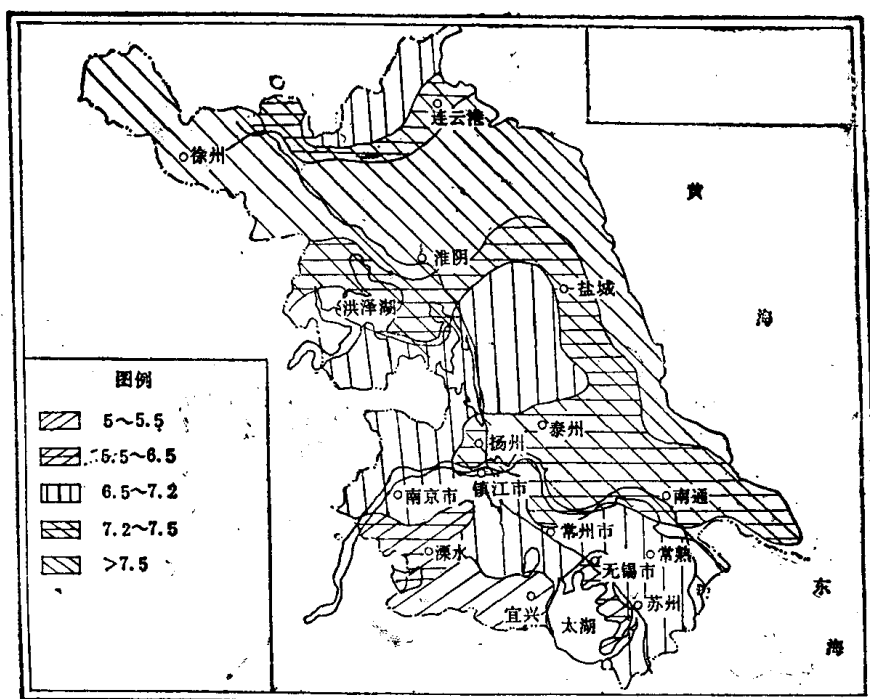


图1-3 江苏省土壤酸碱度

程。当雨水通过污染浓度层时，由于雨除和冲刷过程将有许多污染物进入雨水中。据测定，一升雨水在下降过程中可以洗涤 3.26×10^5 升空气，即冲刷下来的粒子在雨水组成及含量方面占据着重要地位，对雨水的酸碱性质起着一定的作用。但是由于降水性质的不同，降水强度的不同，降水的雨除与冲刷效果也不同。连绵阴雨的雨滴粒径小，密度大，有利于冲刷过程，而强阵性降水雨滴粒径大，密度小，不利于冲刷过程。因此在连绵阴雨中酸雨频率高，而强的阵性降水中酸雨频率低。

图1-4是我省1983年酸雨频率逐月分布图，从图中可见，春、秋季酸雨频率最高，冬季次之，夏季最小，这与该年春、秋季多连阴雨，夏季多阵性降水及夏季大气污染物浓度低的情况是

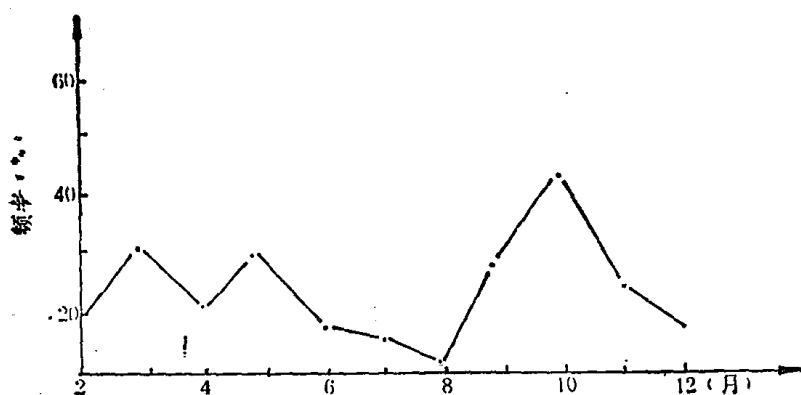


图1-4 1983年江苏省酸雨频率逐月分布

基本一致的。

表1-2是常州市市站及清潭两个监测点在1986年4月8日至

表1-2 常州市1986年4月8日~10日降水实例

单位 (mg/l)

测点	取样日期	pH	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	Ca^{2+}
市 站	4月8日	7.38	50.00	6.36	3.00	23.40
	9日	6.70	9.12	1.59	2.86	3.58
	10日	3.93	15.12	4.08	/	5.93
清 潭	4月8日	7.75	28.72	4.69	4.08	16.80
	9日	6.96	7.52	1.92	3.03	3.40
	10日	6.14	15.28	4.26	/	5.16

4月10日的降水实例。从此例中可见，在降水开始的第一天，降水中污染物浓度很高，如 SO_4^{2-} 达28.72mg/l， Ca^{2+} 达16.80mg/l。降水后的第2天，降水中污染物浓度就大大减少， SO_4^{2-} 的下降率为73.8%~81.80%， Ca^{2+} 的下降率为79.8%~84.7%，阴雨维持之后，降水中污染物的浓度变化不大，略有上升或下