

我国大气酸性沉降物发展趋势分析

秦文娟 周修萍 江静蓉

江苏省环境科学研究所

一九八三年四月

我国大气酸性沉降物发展趋势分析

大气酸性沉降物，已成为世界范围重大的环境问题，它严重地危及水域、水生生态、陆生生态、土壤生态、城市建筑、文物古迹和人体健康。一些工业发达国家已深受“酸雨”之害，花了大量人力、资金，致力于研究它的成因，危害及对策。由于酸性沉降物对环境的广泛影响，它也成了即将走上工业化的国家十分关注的环境问题。

一、大气酸性沉降物的来源

从近几年我国酸雨研究的初步结果可知，我国降水中的阴离子，主要是硫酸根。与美国的酸雨和日本的湿性大气污染有所不同。详见表一。

表一 降水中主要阴离子浓度

地点	SO_4 mg/l	NO_3 mg/l	NO_3/SO_4	资料来源
北京	0.00-80.2	0.00-6.15	~0.73	(2)
重庆	1-82.9	—	—	(3)
南京	0-31	0-0.65	—	(4)
欧州	6.62	1.92	0.34	(5)
美国	5.85	1.40	0.50	(6)

研究表明, 大气环境中的 S 60% 来自人工源〔1〕人工源 S , 主要来自与燃煤有关的人类活动。 S 进入大气环境后, 经传输、扩散、沉降、转化, 分别以干沉降和湿沉降(即雨、雪等)转移到地表和水域。干沉降与湿沉降具有同等重要性。已证明, 一些大气沉降物的酸性危害主要与干沉降有关。 SO_2 沉降或吸附在受体表面, 氧化成酸破坏了建筑物, 并使土壤酸化。研究表明瑞典的湖泊酸化主要原因是由于干沉降造成的。一些国家和地区干、湿沉降率及其沉降比见表二。 SO_2 沉降率在加拿大、美国约为 SO_4 干沉降的 4~5 倍。〔7〕因此, 研究大气酸性物质对环境的危害, 仅仅研究湿沉降量, 显然是不够的, 必须考虑干、湿沉降量及总沉降量才能得出它对环境影响的正确分析。从表二可以看出, 我国一些地区 SO_4 的沉降量和干、湿沉降量, 已达到或接近目前酸雨或大气酸性沉降物污染严重的北美和欧洲的水平。美国试图找出 SO_4 与 SO_2 发射水平间的相关关系, 进而实现酸雨控制的计划, 没有得到预期的结果。〔10〕但是, 从美国的 SO_2 发射量与酸雨分布图〔11〕(图 1—2) 可以看出, 其间存在着一定的联系。各国 SO_2 发射率见表三^E, 由表可知, 江苏的 SO_2 发射率已达相当水平。

我国的能源结构以煤为主, 约占一次能源的 80%, 与各工业国相比, 差异很大。英国是发达国家中耗煤较多的国家, 只占一次能源的 30% 左右, (详见图 3〔13〕) 大气中的 S 主要来自燃煤。各种能源的含 S 比详见表四〔14〕。我国煤的含 S 量较高。大多是未经脱 S 直接燃烧。随着工业的发展, 能耗水平的提高, SO_2 发射率必将进一步增大。由此而来的环境问题也将更加突出。

表二 S干湿沉降率

地 点	雨水中浓 度过量 SO_4 mg s/l	湿沉降率 g s $\text{m}^{-2}\text{y}^{-1}$	干沉降率 g s $\text{m}^{-2}\text{y}^{-1}$	资料来源
北美				
重工业区	3—?	0.1—3	?	(7)
农 村	0.5—2	0.1—2	0.2—2.6	
欧州				
重工业区	3—20	2—4	3—15	
农 村	0.5—3	0.2—2	0.5—5	
边远地区				
北大西洋	0.2—0.6	0.1—0.3	0.04—0.4	
其他洋	0.04	0.01—0.2	<0.1	
大陆	0.1	0.01—0.5	0.4	
北京市区	4.27			
郊区	1.10			
重 庆	0.3—27.3			(3)
南 京	0—11.0	1.2—5.0	6.0—15*	(4)(9)

*根据〔9〕的资料计算出。

表三 单位面积 SO_2 发射率〔12〕

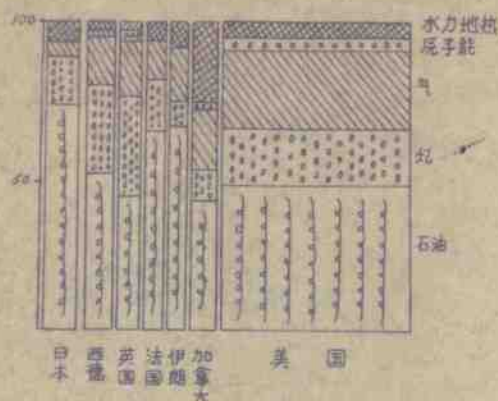
国 别	人 口 $\times 10^6$	面 积 Km^2	发 射 率 $\text{Kg SO}_2 / \text{Km}^2$
美 国	196.9	9,363,353	3,050
比利时	9.7	30,515	32,705
欧 州	223.1	2.4×10^6	7,333
丹 麦	5.0	43069	14,488
法 国	49.5	543,998	5,941
挪 威	3.9	307,988	591
美联邦	54.2	241,705	23,194
西 德	61.2	248,764	15,790
江 苏	6.1	10^5	8360(1981年)

表四 各类燃料含S量

组分含量 %	天 然 气	重 油	煤
S	—	0.1~3	0.2~5
灰分	—	0.1以下	10~30

表五

图3 各国一次能源结构(1978)



二、我国大气酸性沉降物发展趋势分析：

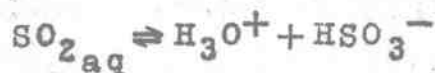
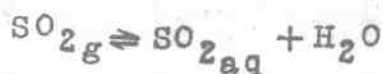
欧州 Egner 教授领导的沉降化学监测网，是世界上建立最早的。已工作了近卅年。Granat [15] 对廿多年来监测数据的系统分析后指出，尽管近廿年来欧州降水 H^+ 浓度增大了近 200 倍，但降水中 SO_4 浓度并未变化，部分降水组成的波动是由于气象因素的变化引起的。美国的监测数据也表明，雨水酸化，主要是 Ca 的浓度下降了 [16]。因此，有人提出，雨水的酸化，是消烟除尘的结果。去年已有一些酸雨研究学者根据 SO_4 与 P_H 的变化相关性较差，而与金属离子相关性较好推断 [17]，近地面中和过程是相当重要的。Soiquira 等 [18] 认为近地面颗粒物的中和作用可能是主要的。

我们在“南京市近地面降水过程初步研究：酸碱组分的相互作用” [19] 的研究基础上，进行了“近地面降水模拟”研究。

不同的离地高度、不同的雨水初始 P_H 、不同的尘量、及不同的雨滴直径所导致的地面雨水 P_H 的变化是十分不同的。详见表五。从表5可以看出，尘影响雨水 P_H 的控制步骤不是溶解，而是酸碱的中和反应，尘对不同 P_H 的雨水所导致的地面雨水 P_H 变化，就证明了这一点。根据我们的初步研究，尘对雨水不仅有中和作用，而且，雨水对尘还有一定的缓冲作用。缓冲容量主要不是土壤尘的贡献。

从大气尘的垂直分布〔20〕〔21〕可知，大气尘的91%集中在离地400公尺以下的近地面。若尘浓度为 $0.50\text{mg}/\text{m}^3$ ；初始 P_H 为4.03的雨水到达地面时 H^+ 浓度可降低约二个 P_H 单位达6.58。

根据 Hales 的理论〔22〕， SO_2 进入雨水主要经过以下途径：



影响 SO_2 溶入雨滴速度的主要因素是 SO_2 浓度及雨滴的酸度。根据Dean A. Hegg〔23〕等的研究，污染区云水 P_H 一般小于5，非污染区云水 P_H 在5~6之间，设雨滴从3000公尺落下，在3000—800公尺的空间内，主导过程是 SO_2 的溶入。在污染区，离地800公尺以上上空的雨水 P_H 可能趋于

表五 尘对模拟雨水 P_H 值的影响

序号	雨滴	地面尘	雨水	不同离地高度 P_H 变化		
	直径 mm	浓 度 mg/m ³	初始 P_H	800-400 ^m	400-200	200-0
1	1	0.15	4.01	4.08	4.38	5.25
2		0.30	4.01	4.08	4.44	6.06
3		0.50	4.01	4.08	4.58	6.58
4	2	0.15	4.01	3.98	4.14	4.52
5		0.30	4.01	4.03	4.05	4.99
6		0.50	4.01	4.03	4.04	4.48
7	0.5	0.15	4.03	3.96	4.04	4.20
8		0.30	4.03	4.02	4.12	4.56
9		0.50	4.03	4.11	4.71	6.38
10	1	0.15	6.34	6.34	6.97	7.01
11		0.30	6.34	6.38	6.49	6.77
12		0.50	6.34	6.40	6.73	7.19

4~5。同样，近地面尘对雨水 P_H 值的影响，对一定组成的尘将取决于：雨水的 P_H 、雨滴直径、尘量（浓度）。我们认为，随着大气尘浓度从 0.50 mg/m^3 降至 0.15 mg/m^3 ，而 SO_2 浓度不降低，我国一些雨水 P_H 处于6左右的地区将出现酸雨。若能耗水平进一步提高， SO_2 排放总量增加，我国的酸雨污染将更严重地发展。

三、控制酸性沉降物污染的几点建议

国外的大气污染一般分为三个阶段：五十年代是消烟除尘；六十年代是控制 SO_2 污染；随着研究的深入，现在已进入综合分析、制定对策的八十年代。仅以尘为例，尘对环境的影响，不仅与尘的总量有关，还与它的物理特性、化学性质、组成，尘与其他组分的相互作用及气候条件等相关联。从酸性沉降物污染的角度看，尘与 SO_2 的浓度及其相互作用对雨水的酸化起着重要作用。

随着能耗水平的提高， SO_2 排放量将进一步增加。而以我国的经济实力，在短期内不可能全面实施燃煤脱S技术。鉴于发达国家先消烟除尘，再控制 SO_2 排放导致酸性沉降物污染的现实。我们认为，应进一步开展沉降物（包括尘、 SO_2 等）的环境经济或生态经济方面的研究，以确定一项尘和 SO_2 排放量相适应的控制对策和标准。

应全面推行 SO_2 总量控制，不宜过分强调单纯利用大气的稀释能力。各发达国家为控制 SO_2 污染积极推行高烟囱排放，使烟囱高度从1960年的243呎增至1969年的609呎。这一措施，对于改善局部 SO_2 浓度起了一定的作用。但被大气

稀释了的 SO_2 ，又为雨、雪及干沉降过程浓缩，可能是导致一些地区酸性污染物增加的主要原因之一。我国幅原辽阔，更不宜采用转移污染物的技术措施。

酸性沉降物对环境的影响，主要取决于受体对酸性沉降物的敏感度。鉴于我国部分地区已经出现酸雨，并且雨水酸化的趋势有可能增加，我们认为，现在就应开展我国生态环境、生物对酸雨的敏感度及酸雨对其危害的研究。为制定区域防治对策提供依据，以便把主要的人力和物力集中于污染重的敏感区。

限于我们的水平和时间仓促，以上分析是十分初步的。不当之处请与会同志批评指正。

参考文献

- [1] Rudolf等 A. E. Vol. 12, No 1-3 (1978)
- [2] 王健民《降水污染和酸雨问题讨论会》报告汇编
P 21-25
- [3] 重庆环境保护监测站 同上 P 60-73
- [4] 秦文娟、江静蓉等 南京市降水初步调查 (未发表)
- [5] L. Granat A. E. Vol 12^{No} 1-3 (1978)
- [6] Likens G. E. Chem. Eng. News 54 (48)
29-44 (1976)
- [7] Frank A. Record等 Acid Rain information
Book P 100 (1982)

- (8) 赵殿五等 《降水污染和酸雨问题讨论会》报告汇编
P 9—20
- (9) 秦文娟、缪旭波等《南京地区酸性沉降物的初步研究》
(未发表)
- (10) R. M. perhac A. E. Vol 12, No 1—3
P 641 (1978)
- (11) Frank A. Record 等 Acid Rain
Information Book P42, 128 (1982)
- (12) C. F. Cullis 等 A. E. Vol. 14, No 11
P 1263 (1980)
- (13) 菊岡栄次 公害与对策 1982年 No. 3 P255
- (14) 菱田 一雄 公害与对策 1982年 No. 1 P2
- (15) J. A. Garland A. E. Vol. 12
P 349 (1978)
- (16) Stensland, G. J. Section II, Chapter
3 of 15 th progress Report on
cont. EY—76—S—02—1199 I SWS
Urbana, IL, 1977
- (17) R. Sequeira A. E. Vol. 16 No. 1,
P 179 (1982)
- (18) R. Sequeira A. E. Vol. 16 No. 2,
P 329 (1982)
- (19) 秦文娟、周修萍、江静蓉等
“南京市近地面降水过程模拟”(未发表)

(20) 汪安璞等 天津地区200—3000米上空大气颗粒物
中元素的分布特征(未发表)

(21) 秦文娟、周修萍等“南京市近地面降水过程初步研究—
酸碱物质相互作用”(未发表)

(22) Hales A. E Vol. 7 P 997 (1973)

(23) Dean A. Hegg等 A. E. Vol, 13 No 7
(1979)

