

西南地区酸雨形成大气化学过程*

沈 济 汪安璞 陈宗良 赵殿五

(中国科学院生态环境研究中心)

摘要 通过野外观测、实验室实验和数值模拟研究了西南地区酸雨形成大气化学过程。新认识如下: ①人为排放引起的酸雨及空气污染,目前尚未明显波及到西藏高原; ②在重污染区 SO_2 污染严重,不管降水云是否酸性或污染,降水总是酸性、受污染的,云下洗脱痕量气体及颗粒物起重要作用,氧化剂是降水酸化的控制剂; ③在典型农村地区,降水化学组成依赖于降水云的化学组成,即依赖于云化学,酸化过程中 SO_2 是控制剂; ④该地区主要氧化剂是 H_2O_2 , 高度越高,云水中 H_2O_2 含量越高; ⑤该地区是硫酸型酸雨,硝酸含量有上升趋势,在考虑降水酸度时有机酸贡献不可忽视; ⑥降水中很多元素来自颗粒物,颗粒物缓冲参数化并耦合到云下洗脱模型中,大大缩小了观测与数值模拟的降水酸度之差。

关键词 酸雨;酸沉降;酸雨化学过程;西南地区酸雨。

大量化石燃料的使用伴随而来的环境问题之一就是“酸雨”,西南地区酸雨已构成对生态环境的危害^[1]。为了使经济长期持续、稳定发展,酸雨等环境问题就必须得到应有的控制。

一个好的控制对策必须有一个有预见性的模式,模式是建立在对酸雨形成过程等的深入认识上。本文就西南地区酸雨形成过程中,研究降水中主要成分的来源、酸化的主要过程、 SO_2 的氧化途径和主要氧化剂,有机酸的贡献,颗粒物对降水组成的影响和颗粒物对降水酸度的缓冲作用等问题作一报道,为控制对策提供科学依据。本文概述主要研究结果。

一、实验部分

本研究重点是通过野外观测研究酸雨形成过程,主要进行事件研究。以城市为中心,成米字形布点,点间相距几十、上百公里,这样,多数点散落在农村。

用被动式分段采样器^[2]或手工采集分段降雨,测定降雨中常规离子组分,在主要点上观测降雨中 S(IV) 、 H_2O_2 ^[3],部分样品中的痕量元素^[4]、有机酸、醛等^[5]。观测气体 SO_2 、

O_3 、 NH_3 、 HNO_3 及气态 H_2O_2 、有机酸、醛等,以及颗粒物中元素组分^[6]、颗粒物缓冲参数^[7]。

这样的事件研究在广元地区^[8]、成都地区、重庆地区^[9]、贵阳地区^[9]都进行过,以保证足够的空间覆盖,在春夏秋冬都进行过,以保证时间复盖。其中包括飞机在内的空中与地面的综合观测。

二、结果与讨论

(一) 大气污染尚未波及到高寒山区

四川省西部属青藏高原,在这高寒山区的冰雪是西南地区清洁点云水、降水的代表。二郎山雪、海螺沟冰和雪的化学组成列于表1,由此可见,高寒山区的冰雪相当清洁,可以认为到目前为止,明显的大气污染尚未波及到这些地方,云(严格讲可能是冰晶)、降水(雪)是相当清洁的。

(二) 重污染区酸雨形成

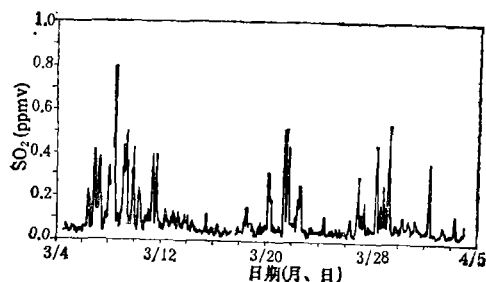
* 参加本工作的还有赵倩雪、佟玉芹、张宝珠、张晓山、杨淑兰、王德春、马惠昌、康德梦、王玉保、陈乐恬、沈海、杨红、张阳、陆妙琴等。协作单位有贵州省环境科学研究所、四川省环境保护科研监测所、重庆市环境科研监测所、中国科学院大气物理研究所。
国家“七五”科技攻关项目。

表 1 青藏高原冰雪的化学组成 ($\mu\text{mol/L}$)

地 点	日 期	F^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	NH_4^+	K^+	Na^+
二郎山	10/19/89	1.0	3.7	3.1	4.2	6.1	6.9	2.6
海螺沟	10/21/89	1.0	2.8	1.2	1.0	3.3	2.6	3.0
海螺沟	10/21/89	1.0	1.4	0.1	0.5	1.7	1.3	2.2

1. 重污染区的 SO_2 浓度水平

图 1 表示连续 31 天贵阳市区 SO_2 小时平均浓度, 波动幅度大, 最大值为 787.5 ppbv, 最小值 17.5 ppbv, 平均值 91.7 ppbv, 标准偏差 92.6 ppbv。小时平均值、日平均值超过国家大气环境质量的百分数列于表 2, 由图 1、表 2 可见, 在重污染区, SO_2 污染是第一位

图 1 贵阳市区 SO_2 小时平均浓度 (1989 年 3、4 月份)表 2 贵阳市区 SO_2 超标频率*(%)

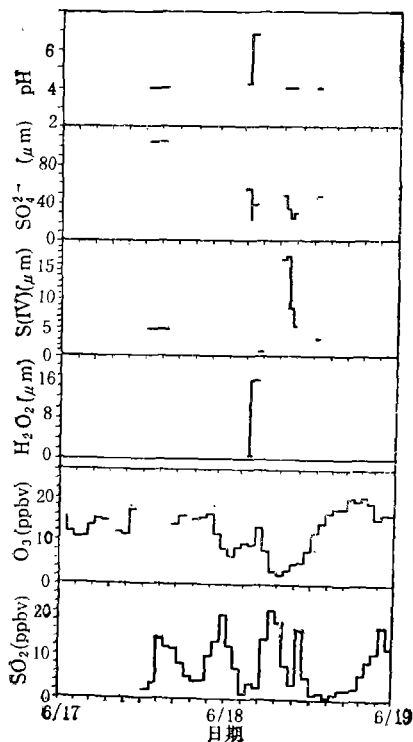
	一级标准	二级标准	三级标准
任何一次	61.0	12.1	7.5
日平均	100	64.5	38.7

* 1989 年 3、4 月份

的, 由云下洗脱 SO_2 派生出来的酸雨污染是第二位的, 因此, 控制对策也应从这里入手, 首先应控制 SO_2 的排放, 改善城市空气质量, 从而也减轻该地区的酸雨危害。

2. 未污染云的云下洗脱特征^[2,9]

未污染的降水云, 云下洗脱引起降水酸化的特点是: 在城市上风方位的采样点上, 除第一分段降雨外, 以后的降雨相当清洁, H_2O_2 浓度高。在重污染的市区采集的分段降雨中 SO_4^{2-} 、 S(IV) 、 H^+ 等离子的浓度明显高于郊区降雨中相应的离子浓度, H_2O_2 浓度低于或接近最低检测限。在城市下风方位

图 2 贵阳机场 SO_2 、 O_3 浓度和降雨组成的关系 (1988 年 6 月)

的采样点上, 大部分时间暴露在城市烟羽之中, 可检测出大气中的 SO_2 , 降雨组成接近市区的降雨组成。由于烟羽的摆动, 有时下风点处于烟羽间隙之间, 大气中 SO_2 浓度降低, 降雨组成接近上风点的降雨组成。例如, 1988 年 6 月在贵阳地区观测到一场降雨^[2,9], 位于东北部 20 多公里的三个采样点上, 降雨不酸, 非常清洁, H_2O_2 含量为 40—100 μmol 。酸雨发生在市区和西南郊区, 市区的降雨总是酸性的、污染重, H_2O_2 浓度接近最低检测限, S(IV) 浓度为 20—40 μmol 。在西南郊区采样点上, 分段降雨组成与大气中 SO_2 、 O_3

浓度的关系如图 2, 当 SO_2 浓度出现峰时, 降雨中 S(IV) 浓度增加, H_2O_2 浓度低于最低检测限, 所有雨样都是酸性的。当 SO_2 浓度掉入低谷时, 降雨中 H_2O_2 浓度增加, pH 值增加, S(IV) 浓度低于最低检测限。

在距市区仅 20 多公里的几个地方可以采集到不酸的、清洁的降雨, 不得不使人们假设这几场降水的降水云是清洁的, 降水酸化过程主要是降雨通过低层大气时云下洗脱 SO_2 , 并把它氧化成 H_2SO_4 。

3. 污染云的云下洗脱特征

用同样的布点方式和采样方式有时在所有采样点上都采集到污染(和/或酸性)的降雨, 如果仍用上风点的后几段降雨组成近似云水组成, 则云水是污染(和/或酸性)的。市区采集的降雨中 SO_4^{2-} 、 S(IV) 、 H^+ 等离子浓度明显高于在郊区采集降雨中相应离子的浓度。因为当污染的降雨通过市区高浓度 SO_2 时, 降雨碰并颗粒物, 洗脱 SO_2 并将其氧化成 H_2SO_4 。

4. 云下洗脱痕量气体模型^[9,10,11]

修改 Durham、Overton^[12,13] 的云下洗脱痕量气体模型, 对 CO_2 - SO_2 - HNO_3 - NH_3 - H_2O 的可逆平衡体系, 用离解平衡方程代替用正向、逆向反应速率方程, 从而减少独立变量数, 减少非线性微分方程的“刚性”, 同样精度下大大缩短计算机运行时间^[10]。证明降雨洗脱 HNO_3 、酸性雨洗脱 NH_3 和有大量 SO_2 存在时洗脱 H_2O_2 为不可逆洗脱过程^[10]。采用新发表的动力学数据, 计算 H_2O_2 氧化、 O_3 氧化、 Mn^{2+} 、 Fe^{3+} 催化氧化 S(IV) 时, 每一氧化途径的相对重要性^[11], 发现当降雨近中性时, H_2O_2 氧化、 O_3 氧化, Mn^{2+} 、 Fe^{3+} 催化氧化、降落到地面后雨水中 S(IV) 的氧化都起作用, 而以 O_3 氧化 SO_3^{2-} 生成的 SO_4^{2-} 最多, 而 $\text{pH} < 4.6$ 时雨水进一步酸化主要是 H_2O_2 的氧化^[11]。

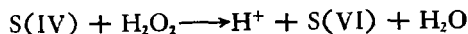
重污染区的 SO_2 主要来自低空排放, 严重的 SO_2 污染发生在边界层下及其烟羽中,

而云水中含有相当量的 H_2O_2 ^[14]。因此, 可以假设含有 H_2O_2 的雨滴降落通过低层空气, 洗脱 SO_2 , 并把它氧化成 H_2SO_4 ^[9]。

模拟计算 H_2O_2 100 $\mu\text{mol/L}$, Mn^{2+} 、 Fe^{3+} 分别为 0.5、2 $\mu\text{mol/L}$ 的降雨, 雨强为 10 mm/h, 云下洗脱 1000m 厚的污染空气层, 其中含有 NH_3 、 HNO_3 和 H_2O_2 浓度分别为 2、1、0.5 ppbv, SO_2 浓度可变, 设在地面采样器中不再进行化学反应。当污染空气中 SO_2 浓度增加时, 降雨中 H_2O_2 浓度降低很快。当地面降雨中 H_2O_2 浓度与 S(IV) 浓度相等时定义为等当点, 雨强为 10mm/h 时, 等当点对应的空气中 SO_2 浓度为 74 ppbv, 雨强为 1mm/h 时为 37ppbv。我们的野外实验中很少观测到 100 $\mu\text{mol/L}$ 的 H_2O_2 , 而重污染区 SO_2 浓度相当高。因此, 在重污染区的降雨中应检测不出 H_2O_2 只检测出 S(IV) 。重污染区降水中 S(IV) 过量, 说明初始降水中的 H_2O_2 , 以及云下洗脱的 H_2O_2 , 全部用于氧化 S(IV) , 所以, 氧化剂是控制剂。这样, 只有把该地区大气中 SO_2 浓度从现有水平控制到 50ppbv 以下, 才会明显地减缓该地区降水的酸度。

5. 西南地区雨水中 S(IV) - H_2O_2 反应动力学

S(IV) 与 H_2O_2 的水相反应:



动力学方程为:

$$-\frac{d[\text{S(IV)}]}{dt} = k_T^{(3)}[\text{H}^+][\text{H}_2\text{O}_2][\text{S(IV)}]$$

其中,

$$k_T^{(3)} = k_{298}^{(3)} \exp \left\{ \frac{-E_a}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right) \right\}$$

式中 $k_{298}^{(3)}$ 为 298°K 的表观三级速率常数, E_a 为活化能, R 为气体常数, T 为绝对温度。纯水中 $k_{298}^{(3)}$ 测得值为 $1.06 \times 10^8 \text{ mol}^{-2} \text{ sec}^{-1}$, 非常接近 Kunen^[15] 和 Lee^[16] 的测定值 $1.08 \times 10^8 \text{ mol}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ 。 E_a 的测定值为 28.81 kJ mol^{-1} , 接近 Penkett^[17] 的报道值 30.39 kJ

mol^{-1} 。本实验中 pH 在 3.07~5.18 范围内, $\log k^{(2)}$ 和 pH 的回归方程为:

$\log k^{(2)} = (8.05 \pm 0.03) - (1.006 \pm 0.006)\text{pH}$
相关系数 R 为 -0.9995 , 直线斜率接近 -1 , 与 H_2O_2 和 S(IV) 反应的酸催化机理相一致。而在 Penkett 的实验中, $\log k^{(2)}$ 和 pH 的回归方程的直线斜率仅为 -0.7 , 说明本工作测得的活化能更准确些。

在 59 个西南降雨样品中测定 $k^{(3)}$ 值, 与纯水体系中测定的 $k^{(3)}$ 值进行比较, 平均值增加 4%, 分散度从 4.7% 增加到 17.3%。准确度 4% 的正偏差在实验误差范围之内, 而精密度 17.3% 已超过了实验误差范围, 这可能来自雨水中杂质的影响。另一方面, 由于 H_2O_2 和 S(IV) 的液相反应很快, 以致其他过程(如传质过程)在起控制作用。因此, 若把纯水动力学常数用于模式, 其结果不会偏离太大。

(三) 典型农村地区的酸雨形成

1. 酸性降雨云在农村地区形成酸雨的特征

农村地区 SO_2 浓度一般不高, 云下洗脱不能构成降水酸化的主要过程。但是, 有时采集到污染(和/或酸性)的降水, 显然, 云中过程起重要作用^[8]。其特点是:

第一分段降雨中离子浓度高于以后分段降雨中离子浓度, 可能是降雨碰并颗粒物及洗脱痕量气体造成的, 即云下洗脱过程对第一分段降雨仍起作用。

除第一分段降雨外, 段与段之间降雨化学组成变化不大; 采样点与采样点之间分段降雨的化学组成差别也不大, 即降雨组成不存在明显的时空分布差异。可能因为降雨中主要成分是 H_2SO_4 和 H_2O_2 , 其他组分含量很低。这样, 如果用上风向后分段降雨组成近似云水组成, 云水是酸性的。

在农村地区采集的降雨中没有 S(IV) , 有相当量的 H_2O_2 , 即氧化剂过量, SO_2 是限制剂, 控制降雨中 H_2SO_4 的前体物 SO_2 的

排放, 可以减轻该地区的酸雨危害。

2. 云水和地面降水化学组成的比较^[14]

1989 年 9、10 月在四川省、贵州省主要地区进行了空中地面综合观测, 空中有飞机采集云样, 地面采集分段降雨。用聚类分析法比较云水和地面降水化学组成发现^[14]: 如果包括 H_2O_2 、 S(IV) 等活性组分, 云水组成不同于地面降水组成, 云水含有更多的 H_2O_2 , 而且, 随高度增高, 云水中 H_2O_2 含量增加。不包括 H_2O_2 、 S(IV) 等活性组分时, 重污染区采集的降雨单独成一类, 其中第一分段降雨又和其他分段降雨分开。比较清洁的, 偏中性的云样与在农村采集的除第一分段雨样外的清洁的、偏中性的雨样分为一组; 酸性、微酸性云样分别与农村采集的酸性、微酸性分段雨样分到一组。由此推论: 在重污染区降水酸化, 云下过程起主要作用, 第一分段降雨其作用更突出; 农村地区第一分段降雨后云中过程起着重要作用。

(四) 大气颗粒物对降水组成的贡献

1. 降雨对大气颗粒物元素的清洗削减率^[6]

由雨前、雨中、雨后大气颗粒物浓度计算出各元素的清洗削减率列于表 3, 清洗削减率大的元素是 Ca、Mg、Fe、Al、Sr 等, 这些元素主要存在于粗粒中, 细粒中的 S 清洗削减率低。与市区相比, 远离大城市的娄山关大气中颗粒物元素的清洗削减率较低, 可能是由于经输送后大气颗粒物中细粒所占比例相对增大。

2. 大气颗粒物的缓冲能力^{*[7]}

用酸滴定大气颗粒物——水混合液, 颗粒物对酸有缓冲能力, 大粒径颗粒物的缓冲能力大于小粒径颗粒物的缓冲能力, 北京地区颗粒物的缓冲能力大于西南地区颗粒物的缓冲能力。

* 张晓山、沈济、赵殿五, 数值模拟大气颗粒物在云下酸化及降雨洗脱 SO_2 中的作用——西南地区情况讨论(1990)(未发表)。

表 3 大气颗粒物中元素的清洗削减率(%)

地点	S	Ca	Mg	Fe	Al	Sr
重庆市区	72.2	80.3	44.6	56.8	18.4	57.9
成都市区	45.0	66.2	69.4	67.7	70.7	61.0
贵阳市区	50.9	71.0	66.9	64.7	66.1	56.5
成都南郊	29.2	80.2	84.7	85.2	74.7	68.5
姜山关	23.9	6.5	51.6	3.8	13.6	5.9

为了在模式中考考虑颗粒物在降水中的缓冲作用,对它进行参数化,建议大气颗粒物对酸缓冲能力方程为:

$$y_e = y_m \{1 - \exp[-\alpha(x + \beta)]\}$$

式中, x 为外加酸量, y_e 为颗粒物耗酸量, y_m 为最大耗酸量, α 、 β 为参数, 由实验数据拟合确定。建议大气颗粒物时变关系参数化方程为:

$$\Delta y = \Delta y_e (1 - e^{-\gamma \Delta t})$$

式中, Δy 为相对于初始时刻在 Δt 时刻的耗酸增量, Δy_e 为相对于初始时刻在平衡时的耗酸增量, γ 为参数, 其倒数为耗酸时间常数, 由实验数据拟合出 γ 和 Δy_e 。

颗粒物按尺寸大小分五级或九级, 分别与大容量或小容量采样器的分级相对应, 测定每一级的缓冲参数。由 Best 雨滴谱将雨滴大小分成 40 个档次, 由 Slinn 公式计算一档雨滴与一级颗粒物的捕获系数, 加权平均求得总颗粒物的缓冲作用方程, 在云下洗脱模型的电中性方程中引入颗粒物缓冲项, 耦合入模型。

计算结果表明, 当降雨中酸度增大时, 一定量的颗粒物耗酸量增加。当大气中颗粒物增多时, 碰并入雨水中颗粒物量增加, 缓冲能力增加, 使洗脱 SO_2 量增加, 即雨水中 S(IV) 和被氧化的 SO_2 量增加。考虑了云下洗脱颗粒物的作用之后, 可以比较准确地预见降雨酸度, 缩小了降雨酸度的模拟计算值与野外实测值之差。

模拟计算西南地区降雨酸化表明, 消烟除尘, 会使降雨酸度增加, 使硫沉降减少。在重污染区 SO_2 、颗粒物浓度很高, 云下洗脱

SO_2 、碰并颗粒物是主要过程。相对而言, 初始雨水污染程度, 酸化程度不太重要。与之相反, 农村等比较清洁的地区主要决定于初始雨水的组成, 即云中过程起着主要作用。

(五) 有机酸对降雨酸度的贡献^[9]

降雨中低碳有机酸的浓度一般是高碳有机酸浓度的 40—300 倍, 在估算有机酸对降雨酸度的贡献时, 可将高碳酸部分忽略, 只考虑 c_1 — c_3 的低碳酸部份。大气中 SO_2 和 NO_x 氧化后主要生成硫酸和硝酸, 假设硫酸和硝酸对降雨酸度的贡献与降雨中 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 当量浓度成正比。有机酸是弱酸, 在水相中离解: $\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$

表 4 西南地区降雨中有机酸对酸度的贡献(%)

	SO_4^{2-}	NO_3^-	HCOO^-	CH_3COO^-	$\text{C}_2\text{H}_3\text{COO}^-$
平均值	83.5	10.2	5.1	0.9	0.2
标准差	10.2	0.4	6.5	1.4	0.3

当雨水 $\text{pH} < \text{pK}$ 时, 有机酸主要以自由酸 HA 形式存在。若有机酸对降雨酸度的贡献与 A^- 当量浓度成正比, 则西南地区 1988、1989 年一些雨样中有机酸、硫酸和硝酸对降雨酸度的贡献列于表 4。所以, 西南地区的酸雨是硫酸型, 其中有机酸的贡献不可忽视, 有机酸中贡献大的是甲酸。1982、1984 年重庆地区, 贵阳地区降雨中 $[\text{NO}_3^-]$ 、 $[\text{SO}_4^{2-}]$ 当量浓度比分别为 0.103 和 0.051^[10] 表 4 中当量浓度比为 0.122 ± 0.078 , 说明这几年降雨中硝酸含量有增加趋势。

四、结 语

西南地区酸雨属硫酸型, 硝酸含量有上升趋势, 有机酸不可忽视。在西南地区 SO_2 排放和降水酸度存在着明显的非线性关系, 在重污染区酸雨形成以局地源为主, 云下过程为主, 起控制作用的是氧化剂, 在农村地区云中过程起重要作用, SO_2 是控制剂。因此, 控制农村地区降雨中 H_2SO_4 的前体物的

(下转第 9 页)

划、产业结构调整,生产力布局和技术改造提供依据。

(二) 关于“持续发展”问题

(1) 不同社会制度、不同发展阶段“持续发展”的模式;

(2) 我国的环境保护建设与国民经济和社会发展的相协调问题;

(3) 经济与环境协调发展的评价体系。

(三) 关于环境科学的一些理论研究

(1) 马克思主义与环境科学,环境科学的理论体系与方法论。

(2) 生态平衡,生态环境建设的理论与景观生态学。自然资源价值观、资源合理开发利用与自然保护。

(3) 生态区划理论,污染物迁移转化与降解规律,生命元素的生物地球化学循环,环境综合评价、预测的理论与方法。

(4) 公害病、地方病的环境因素,发病机制,早期生物学变化与环境毒理学。

(5) 水、气非均相微粒化学变化规律,化学物质结构、生成毒性的机理及其相互拮抗、协同作用的研究,致癌、致畸、致突变物质的结构和毒性关系。

(四) 有关国情的若干问题

(上接第28页)

排放,会有效地控制该地区的酸雨发展。在贵阳、重庆等重污染区,只有大幅度地降低大气中 SO_2 的排放,才会明显地减缓该地区降水的酸度。

参 考 文 献

- [1] 余叔文、俞子文、马光清等,环境科学,6(5),63(1985).
- [2] 沈济、金云龙、赵倩雪等,大气环境,4,9(1990).
- [3] 沈济、赵倩雪,环境化学,3(5),32(1989).
- [4] 沈济、赵倩雪、张宝珠等,环境化学,9(3),25(1990).
- [5] 陈宗良、王玉保、陆妙琴等,环境化学,10(1),1(1991).
- [6] 汪安璞、杨淑兰,环境化学,10(2),39(1991).
- [7] 张晓山、张宝珠、沈济等,环境化学,9(2),15(1990).
- [8] 沈济、赵倩雪、佟玉芹等,环境化学,10(1),26(1991).
- [9] Shen Ji, Zhao Qianxue, Zhang Xiaoshan, et.

(1) 我国主要生态系统的结构、功能与系统稳定性的研究。

(2) 我国环境资源的动态观测,保护物种多样性,生态脆弱区环境变化预测、预警与生态恢复的研究。

(3) 我国资源环境承载人口能力与人际关系调控研究。如何发挥人力资源优势改善资源环境问题。

(4) 节约资源、能源的技术经济政策,废物资源化、资源综合利用的生态工程和生物技术。

(5) 无废、低废、高新技术,不同类型的污染综合防治技术与示范工程研究。

(五) 农村生态环境建设研究

(1) 生态农村、生态乡、生态县的模式与试点。

(2) 乡镇生态环境建设的理论方法、指标体系与示范工程。

(3) 乡镇企业污染控制对策与防治技术。

(4) 农药、化肥、地膜及其它农业废弃物的污染防治与回收利用。

(收稿日期: 1991 年 4 月 17 日)

- al., *J. of Environmental Sciences (China)* 3(1), 41(1991).
- [10] 沈济、赵倩雪、赵殿五,中国环境科学,10(5),328(1990).
- [11] 沈济、赵倩雪、赵殿五,环境科学学报,9(1),11(1989).
- [12] Durhan J. L., Overton J. H. Jr., Aneja V P., *Atmos. Environ.*, 15, 1059(1981).
- [13] Overton J. H. Jr., Aneja V. P., Durham J. L., *Atmos. Environ.*, 13, 355(1979).
- [14] 沈济、赵倩雪、张宝珠等,环境化学,10(1),33(1991).
- [15] Kunen S. M. Lazrus A. L., Kok G. L., et. al., *J. Geophys. Res.*, 88(c6), 3671(1983).
- [16] Lee Y, -N., Shen Ji, Klotz P. L., et., al., *J. Geophys. Res.*, 91(D12), 13264(1986).
- [17] Penkett S. A., Jones M. R., Brice K. A., et. al., *Atoms. Environ.*, 13, 123(1979).
- [18] Zhao Dianwu, Xiong Jiling, Xu Yu, et. al. *Atmos. Environ.*, 22(2), 349(1988).

(收稿日期: 1991 年 4 月 15 日)

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

Awakening to the Importance of Environmental Consciousness of the Whole Nation. Zhou Li-san (Academician of the Chinese Academy of Sciences, Nanjing Institute of Geograph & Limnology, Nanjing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(4), 1991, pp. 4—6

The author presents the article in commemorating the 15th anniversary of publication of *HUANJING KEXUE* (The Chinese Journal of Environmental Science).

The article discusses the relationship among population, resources and the environment in China, stresses that the priority which Chinese people extricate themselves from the predicament is to heighten environmental consciousness of the whole nation. Owing to the problems that population, resources and the environment in China have actually become a closely related integral, it is necessary to set up long-term strategic targets for reversing the course, in which putting emphasis on environmental awareness is of the most significance.

Key Words: relationship among population, resources and environment, environmental consciousness.

New Subjects for Environmental Studies.

Guo Fang (Vice Director of the Committee of Environmental Science, The Chinese Academy of Sciences, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(4), 1991, pp. 7—9

This article introduces that the environmental problems human beings will confront with in 1990s are not only scientific issues, but also the ones closely related to society, economy, politics etc. Protection of global environment is internationally an urgent task. In 1990s, China will advance socio-economic development to a new stage. To solve environmental problems not only depend upon the growth of economic strength, legislation and policies, but mainly upon increasingly developed science and technology. The article reviews the recent advances in environmental studies in China and the main achievements obtained by the Chinese Academy of Sciences, universities and other research institutions over past fifteen years. On the basis, the article outlines new subjects of environmental studies in China over 1990s.

Key Words: environmental studies, subject.

Making Greater Efforts to Meet New Challenge. Editorial Board of «Chinese Journal of Environmental Sciences»: *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(4), 1991, pp. 10—11

In this paper, the character and the development of environmental sciences and technology in China were briefly introduced. It also reviewed how the «Chinese Journal of Environmental Sciences» has continuously been progressing and self-perfecting in accordance with the development of environmental science and technology.

The new development trends of environmental sciences in the 1990s of this century were forecasted. The Editorial Board reiterated the guiding principle for running the Journal and expressed their good wishes for further improving the Journal.

Key Words: environmental science and technology, development of environmental sciences, Chinese Journal of Environmental Sciences.

Study on the Background Contents on 61 Elements of Soils in China. Wei Fusheng, Zheng Chunjiang (China National Environmental Monitoring Center); Chen Jingsheng, (Department of Geography, Peking University, Beijing); Wu Yanyu (Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(4), 1991, pp. 12—19

This paper reports the background contents of 61 elements in Chinese soil and the distribution character and change trend of the distribution of some elements in the whole country. The atlas of China soil background values was briefly introduced in this paper. The examples for the application of the background values to the formulation of soil environmental quality standard and the study of human health and agriculture were discussed.

Key Words: Chinese soil, background content.

Studies on The Synthetic Biological Pond System. Research Group of Synthetic Biological Pond System (Institute of Hydrobiology, Academia Sinica): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(4), 1991, pp. 20—23

Synthetic biological pond system is a new type of stabilization pond system. The present paper deals with the purification function of aquatic vascular plants, the metabolic activities of algae-bacteria commensal system, variation of heterotrophic activity and the ecological compensation of effluent quality. The results show that the synthetic biological pond system has obvious comprehensive (economic, social and ecological) benefits. It is a good sewage treatment system.

Key Words: Synthetic biological pond system, Aquatic vascular plants, Algae-bacteria commensal system.

Atmospheric Chemical Process for the Formation of Acid Precipitation in Southwestern China. Shen Ji, Wang Anpu, Chen Zongliang, Zhao Dianwu (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(4), 1991, pp. 24—28

The atmospheric chemical process for the formation of acid precipitation in southwestern China was studied by field experiments, laboratory experiments and numerical simulation. The findings are as follows: 1. acid rain or air pollution resulting from anthropogenic emission has not significantly affected Tibetan Plateau; 2.

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

SO₂ episodes always happened over heavy polluted areas, especially industrial areas or big cities, so the below-cloud scavenging of trace gases and particulates plays an important role for the formation of acid precipitation, no matter how the precipitating cloud is polluted or acidic or not, the oxidant is controlling reagent for the acidification of the precipitation in these areas; 3. The chemical composition of precipitation in typical rural area is dependent on that of precipitation cloud, i. e. dependent on cloud chemistry, where SO₂ is the control reagent; 4. The major oxidant in this subtropical area is H₂O₂. The higher the altitude the higher the concentration of H₂O₂ in cloud water would be. 5. Acid rain in this area is sulfuric acid type, nitric acid content has an increasing trend and the organic acid must be accounted for acidity of the precipitation. 6. No simple relationship was found among H⁺, NH₄⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻ and NO₃⁻ in precipitation. Many elements in precipitation were contributed from atmospheric particulates. Parameterizing buffering of particulate and coupling it to belowcloud scavenging model, the acidity gap of rain between field measurement and simulation. was much narrowed.

Key Words: acid rain, acid precipitation, chemical process of acid rain, acid rain in southwestern China.

Principal Ecological Indices and Critical Contents of Cd, Pb, Cu and As in Main Types of Soil in China. Collaborative Group on Soil-environmental Capacity (consisting of 17 units including Institute of Geography, Academia Sinica; Chinese Academy of Environmental Sciences; Institute of Environmental Sciences, Beijing Normal University; Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang; Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(4), pp. 29—34

This paper suggested critical contents of Cd, Pb, Cu and As in main types of soil in China and their classificatory characteristics based on the research results of ecological and environmental effects of Cd, Pb, Cu and As in main types of soil in China and the method for multi-index, multi-system determining critical contents of elements in soil.

Key Words: soil elements, critical contents, environmental quality, soil.

Improved Hydrolytic Tank-Stabilization Pond System for Cold Climate Area. Xu Xiaoming, Wang Kaijun, Tao Tao (Beijing municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(4), 1991, pp.35—39

In order to enhance treatment efficiency of stabilization ponds in winter, hydrolytic tank is adopted for pretreatment to reduce quantity of pollutants and improve the biodegradability of raw wastewater. Plastic green-

house which covers the pilotscale stabilization ponds was used for heat preservation. On the bases of thermal balance analysis and technical-economic analysis, this paper proposes an improved stabilization pond system which can retain the treatment efficiency in cold climate areas in winter.

Key Words: stabilization pond, degradation rate, thermal balance, organic load.

Forecast of Acid Precipitation in Guangxi by the Year 2000. Zhao Lingqing, Hao Jiming (Department of Environmental Engineering, Tsinghua University, Beijing), Ban Ling, Wen Weiming, Yang Fengzhu (Research Institute of Environmental Protection of Guangxi Autonomous Region): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(4), 1991, pp. 40—46

The research of this paper was carried out under the National Seventh Five-Year Key Program—Research on the Integrated Control Strategy of Acid Rain in South China. The paper considers a sensitive region of our country, the Xianggui Corridor, as the control region to predict the trends of acid precipitation in Guangxi to the year 2000. Coal consumptions and SO₂ emissions in 2000 were estimated by the method of elastic coefficient and trend extrapolation. By means of combining a regional-scale model with a local model, SO₂ concentrations and sulfur depositions in Xianggui Corridor without control in 2000 were predicted. pH value of precipitation in the same year was estimated by trend extrapolation.

Key Words: prediction of acid precipitation, SO₂ emissions elastic coefficient, trend extrapolation.

Study on the Purification of Filature Wastewater with *Ipomoea aquatica* Forsk Soilessly Cultivated on Artificial Substratum. Cheng Shupe, Ding Shurong, Hu Zhongming (Institute of Environmental Sciences of Nanjing University, Department of Environmental Sciences of Nanjing University, Nanjing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(4), 1991, pp. 47—51

Ipomoea aquatica Forsk was cultivated on the surface of wastewater discharged from a filature mill. In the process of removal of organic materials from the wastewater, *Ipomoea aquatica* Forsk showed a pretty good adaptability to the wastewater in static, dynamic and pilot experiments. 625 kg of *Ipomoea aquatica* Forsk could be gathered in ten days in an area of 667 m² during the period of time from June to July in 1988. The results show that the application of the technique of soilless cultivation of *Ipomoea aquatica* Forsk to ecological engineering of filature wastewater can not only purify wastewater, but also produce economic benefit. And it may be combined with the technique of soilless cultivation of *lolium multiflorum* lam so as to form a