

2000 年广西壮族自治区酸沉降预测*

赵凌清 郝吉明

(清华大学环境工程系)

班玲 文伟民 杨逢柱

(广西壮族自治区环保科研所)

摘要 以我国酸沉降敏感区——“湘桂走廊”作为控制域，预测广西壮族自治区 2000 年酸沉降趋势。采用弹性系数法和趋势外推法预测了 2000 年原煤消耗量与 SO₂ 排放量，并用区域模式与局地模式相叠加的方法预测了不削减方案下 2000 年“湘桂走廊”的 SO₂ 浓度及硫沉降趋势。用趋势外推法估算出 2000 年降水 pH 值。

关键词 酸沉降预测；SO₂ 排放量；弹性系数法；趋势外推法。

近几年的酸雨监测工作表明，广西壮族自治区(以下简称广西区)，特别是“湘桂走廊”区域的酸雨污染已与世界和我国西南地区某些重酸雨区的污染程度相接近。酸雨研究的根本目的在于对其实施控制。在控制对策研究中，预测酸沉降的趋势具有十分重要的意义。在参考国内外有关文献和分析广西区酸雨来源与成因的基础上，制定了如图 1 所示的研究方法。

预测模式的求解过程和方法可归纳如下：

过程 a：用弹性系数法求解；

过程 b：用相关趋势外推法和用含致酸

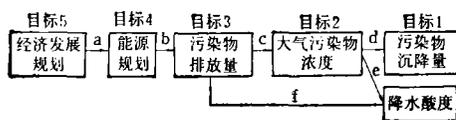


图 1 预测方法示意图

污染物的比率求解；

过程 c、d：用模型模拟法求解；

过程 e、f：用相关趋势外推法求解。

“湘桂走廊”控制域内的煤耗、SO₂ 和烟尘排放量都占整个广西区的 65% 以上，高架点源占全区的 70—80%，控制“湘桂走廊”污

* 国家“七五”科技攻关项目。

(上接第39页)

三、结 论

1. 低温时稳定塘处理效率很低，仅仅用延长停留时间的方法，不能保证出水达到二级排放标准，而且需要占用大量土地。这在大多数情况下是不可行的。

2. 农用塑料薄膜大棚造价低，具有较好的保温效果。薄膜覆盖稳定塘能大幅度提高处理效果。本文推导了设计塑料大棚有效面积的公式，在本实验条件下，塑料大棚稳定塘停留 15 天，出水能稳定达到二级排放标准。

3. 采用高负荷接触氧化池降低进塘污水的 BOD₅ 浓度，能使冬季稳定塘所需的停留

时间减少到 5 天。

4. 综合各种试验，本文提出了适应北方地区冬季气候特点的水解池-接触氧化池-塑料大棚工艺流程。该流程具有占地面积小，运行费用低、出水水质好等特点。

参 考 文 献

[1] Oleszkiewicz, J. A. et al., *Waste Stabilization Ponds*, p. 84, Mara, D. D. Ed., Pergamon Press, UK, 1987.

[2] 王凯军等,环境工程, (4),1(1987).

[3] 赵鸿均,塑料大棚园艺,第 105 页,科学出版社,1984 年.

[4] 张崇华等,中国给水排水, (2),21(1988).

(收稿日期 1990 年 12 月 4 日)

染物排放,将对全区起到举足轻重的作用。研究“湘桂走廊”控制域内南宁、柳州、桂林三个区辖市的污染状况应是酸雨研究的重点。

一、2000年广西区能源消耗与SO₂排放量预测。

1. 能源消耗预测

采用能源弹性系数模式进行预测:

$$V_t = V_0(1 + \varepsilon\beta)^{t-t_0} \quad (1)$$

其中 V_t 、 V_0 为预测年、基准年的原煤消耗量(万吨); β 为自基准年到预测年的经济年均增长速度; ε 为能源弹性系数,其意义为 $\varepsilon = r_c/\beta_c$, r_c 、 β_c 分别为统计年的煤耗与经济平均增长率; t 和 t_0 分别为预测年和基准年。

预测期间经济年均增长速度 β 可根据广西区历年来的经济增长速度、到本世纪末广西区国民生产总值再翻一番的战略目标及全区和地市以及区直属有关厅、局提供的 2000 年规划方案或设想确定。到 2000 年广西区经济年均增长速度 β 拟定为高、中、低三个方案进行预测,分别为 11.94%、9.87%、7.73%。同法拟定了南宁市、柳州市和桂林市的高、中、低三个方案。广西区能源弹性系数是根据广西区地市、行业发展和 1981 年到 1988 年的能源弹性系数变化规律来确定的。

以 1985 年原煤消耗量为基准,由式(1)计算得到 2000 年广西区及南宁、柳州、桂林三市的煤耗预测结果(见表 1)。

2. SO₂ 排放量预测

表 1 2000 年原煤消耗量预测(万吨)

年份 \ 地区	全区	南宁	柳州	桂林
1985 年	1036.7	117.4	171.6	109.6
2000 年高方案	2474.0	310.2	437.4	218.2
中方案	2135.3	260.5	318.4	191.5
低方案	1831.0	211.5	273.6	174.0

由 2000 年广西区原煤消耗量的预测结果计算 2000 年广西区 SO₂ 排放量可以通过

两种途径。

(1) 根据《环境统计手册》所提供的公式进行计算

$$G_{SO_2} = B \cdot S \cdot (1 - \eta_s) \cdot 80\% \cdot 2 \quad (2)$$

式中, G_{SO_2} 为 SO₂ 年排放量(万吨); B 为煤耗(万吨); S 为煤中全硫分含量(%); η_s 为 SO₂ 脱除效率(%). 广西区及南宁、柳州、桂林的全硫分含量由当地有关部门提供,分别为 2.33%、2.18%、3.50% 和 1.89%。

由式(2)可得高、中、低方案的计算结果(见表 2)。

表 2 2000 年 SO₂ 排放量预测

方 案 \ 地 区	全区	南宁	柳州	桂林
高 方 案	73.78	8.66	19.59	5.28
中 方 案	63.68	7.27	14.27	4.63
低 方 案	54.61	5.90	12.26	4.21

(方法 1, 单位: 万吨)

(2) 由历年来的统计数字可以分别得到广西区、南宁、柳州和桂林的煤耗与 SO₂ 排放量之间的相关关系式。

$$\text{广西区: } Y = 0.443 + 0.0303X \quad (3)$$

$$\text{南宁市: } Y = 1.689e^{6.04 \times 10^{-3}X} \quad (4)$$

$$\text{柳州市: } Y = 5.245e^{2.86 \times 10^{-3}X} \quad (5)$$

$$\text{桂林市: } Y = 5.533 - 277.75/X \quad (6)$$

式中, X 为原煤消耗量(万吨); Y 为 SO₂ 排放量(万吨)。

将原煤消耗量预测值(表 1)代入(3)~(6)式即可得 2000 年 SO₂ 排放量的预测值(见表 3)。

表 3 2000 年 SO₂ 排放量预测

方 案 \ 地 区	全区	南宁	柳州	桂林
高 方 案	75.45	11.00	18.32	5.48
中 方 案	65.19	8.15	13.04	4.89
低 方 案	55.96	6.06	11.47	4.49

(方法 2, 单位: 万吨)

由表 2、表 3 可以看出,用两种方法预测的 SO₂ 排放量基本一致。为更稳妥,可取两种方法中低方案的低值做为低方案,高方案的高值做为高方案,高、中、低方案的均值做为中方案,得到 SO₂ 排放量预测的最后结果(见表 4)。

表 4 2000 年 SO₂ 排放量预测

方 案 \ 地 区	全 区	南 宁	柳 州	桂 林
高 方 案	75.45	11.00	19.59	5.48
中 方 案	64.78	7.84	14.83	4.83
低 方 案	54.61	5.90	11.47	4.21

(综合方法,单位:万吨)

二、2000 年广西区 SO₂ 浓度及硫沉降趋势预测

SO₂ 浓度及硫沉降的预测在计算广西区 SO₂ 浓度及硫沉降现状的基础上进行。

采用区域源影响与局地源影响相叠加的方法计算广西区 SO₂ 浓度和硫沉降现状,重点做了南宁、柳州、桂林三市的污染状况分析。首先选择整个广西区做为污染计算的范围,将广西区的 SO₂ 排放集中在 9 个城市,并做为点源,南宁、柳州、桂林三市做为三个控制点,选用远距离输送模式计算出区域源对三个市的影响。再对每个市的污染状况进行分析,在对三市污染源进行详细调查的基础上,选用多源模式分别计算出局地污染源对三市的影响,其结果与远距离输送模式结果相叠加即为三市 SO₂ 浓度与硫沉降量的现状。

1. 区域源对三市 SO₂ 浓度及硫沉降的影响

(1) 模式的选用 选用 UTLRTC 远距离输送模式分析区域源对南宁、柳州、桂林三市 SO₂ 浓度及硫沉降的影响。该模式为稳态的二维扩散模式,可以用来计算污染物的长期平均浓度,适用于计算 100km 以外点源的

影响。

该模式可以计算出空气中 SO₂ 浓度、SO₄²⁻ 浓度及干沉降量、湿沉降量。

选用扩散模式时是基于以下几点假定:污染物在边界层内竖向混合均匀;SO₂ 的去除转化包括干沉降、湿沉降及向 SO₄²⁻ 的化学转化三个过程;SO₄²⁻ 的去除包括干沉降、湿沉降两个过程。

SO₂ 浓度由下式计算:

$$u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} = D_h (\partial^2 c / \partial x^2 + \partial^2 c / \partial y^2) - c / \tau$$

对连续点源排放则有下解:

$$c = \frac{Q}{2\pi h D_h} \cdot \exp\left(\frac{w}{2D_h} r\right) K_0 \times \left\{ r \left[\frac{1}{D_h \tau} + \left(\frac{w}{2D_h}\right)^2 \right]^{1/2} \right\} \quad (7)$$

式中 u, v 为 x, y 方向的风速; c 为 SO₂ 浓度; Q 为连续点源 SO₂ 排放源强; D_h 为横向湍流系数; w 为平均风速; r 为由源到受体点的径向距离; h 为混合层高度; τ 为 SO₂ 的去除速率; $\tau^{-1} = (\tau_d^{-1} + \tau_w^{-1} + \tau_c^{-1})$, τ_d^{-1} 为干沉降速率, τ_w^{-1} 为湿沉降速率, τ_c^{-1} 为由 SO₂ 到 SO₄²⁻ 的化学转化速率。

同时假定干沉降量是地面 SO₂ 浓度和沉降速率共同作用的结果,而湿沉降与降雨有直接和间接的关系,即湿沉降是污染物浓度、降雨量、混合层高度的函数。

$$D_d = v_d \cdot c \quad (8)$$

式中, D_d 为干沉降量; v_d 为污染物的干沉降速度; c 为污染物的浓度。

$$D_w = c w_R h \quad (9)$$

式中, D_w 为湿沉降量; w_R 为湿清除速率, $w_R = a I^b$, I 为降雨强度, a, b 为与降雨有关的系数

(2) 原始数据的处理 对污染源进行简化处理,将广西区的 SO₂ 排放集中在 9 个城市做为点源计算。具体做法是:将广西区的南宁地区、柳州地区、桂林地区、梧州地区、玉

林地区、钦州地区、百色地区和河池地区等 8 个地区的 SO₂ 排放量分别集中在南宁、合山、桂林、梧州、玉林、钦州、百色和河池 8 个城市排放,柳州市为单独的一个排放源,并且将柳州市做为坐标原点,SO₂ 排放量均来自 1985 年污染源调查报告。广西区污染源基本情况见表 5。

选南宁、柳州和桂林三市为控制点,以便了解区域源对该三市的影响。计算所需气象数据、沉降数据及其它数据都是区域的长期平均值,所以,所有数据都取南宁、柳州、桂林三市的平均值。

表 5 广西区污染源基本情况

编号	地名	横/纵坐标 (m)	SO ₂ 排放量(t)
(1)	南宁	-109080/-164840	64747.1
(2)	柳州	0.0/0.0	69460.0
(3)	桂林	87620/106650	45961.5
(4)	合山	-54270/-58190	136164.2
(5)	梧州	196160/-90990	39153.8
(6)	玉林	79110/-187500	46349.5
(7)	钦州	-79110/-261230	13058.3
(8)	百色	-285930/-43200	15129.1
(9)	河池	-139970/52120	38137.2

(3) 区域源对三市的影响 由式(7)、(8)、(9)计算出广西区区域污染源对南宁、柳州、桂林三市 SO₂ 浓度及硫沉降的影响(见表 6、7)。

表 6 区域源对三市 SO₂ 浓度的影响 (mg/m³)

源号	城 市	受 体 点		
		南 宁	柳 州	桂 林
1	南宁	0	0.0022	0.0018
2	柳州	0.0024	0	0.0026
3	桂林	0.0013	0.0017	0
4	合山	0.0054	0.0060	0.0044
5	梧州	0.0011	0.0013	0.0013
6	玉林	0.0016	0.0016	0.0014
7	钦州	0.00054	0.00040	0.00034
8	百色	0.00050	0.00045	0.00039
9	河池	0.0013	0.0014	0.0012
总计		0.014	0.015	0.013

表 7 区域源对三市硫沉降量的影响(g/m²·a)

受体点	南 宁	柳 州	桂 林
硫沉降量	0.49	0.46	0.6

2. 三市局地源对 SO₂ 浓度及硫沉降的影响

(1) 模式的选用 广西区地势从西北向东南沿海逐渐倾斜,山地、丘陵约占 3/4,平原约占 1/4。其污染与局地的气象条件密切相关,低层大气受下垫面特性的强烈影响,在水平和垂直两方向上形成特殊的风场和温度场,故选用复杂地区的沉降扩散模式,并根据不同的地形和气象条件加以修正。该多源模式适用于复杂地区计算百公里范围内长期平均浓度及沉降,不考虑百公里以外源的影响。

该模式虽类似于建立在简单的物质守恒基础上的传统的箱模式,但结合气态污染物传输和扩散过程中的许多复杂特点,并根据不同地形和气象条件,对模式进行了修正和补充,以期达到良好的效果。

计算时对烟羽特性做如下假设:在下风距离的某一面,烟羽扩散为长方形;若烟羽竖向扩散半宽度小于烟羽轴线高度即烟羽未到地面,则地面浓度为零。

点源抬升高度利用 Briggs 公式计算,并对下垫面的影响进行了修正。面源按虚拟点源的方法计算。

每种气象条件下的浓度以该特定气象条件(稳定度、风速、风向)出现的频度为权重进行叠加,即为特定地点的长期平均浓度:

$$\bar{c}_{ai} = \frac{Q f_i}{2 R_{yi} (H_i + R_{zi}) u} \times \left[\exp - \int_{x_0}^x \frac{(v_{di} + W_{so_2 i} l_i)}{u (R_{zi} + H_i)} dx \right] \quad (10)$$

式中, \bar{c}_a 为某种特定的气象条件下 SO₂ 地面平均浓度; f_i 为某种气象条件出现的频率; i 为某种特定的气象条件; Q 为源的 SO₂ 排放率; R_y 为烟羽水平扩散半宽度; R_z 为烟

羽竖向扩散半宽度； u 为风速； H 为烟羽轴线高度； v_d 为给定污染物的沉降速度； W_{so_2} 为与平衡条件有关的系数； I 为降雨强度； x 为烟羽达稳定时下风距离。

(2) 原始数据的处理 南宁、柳州、桂林三个市的点源、面源数据均来自广西区 1985 年污染源调查结果。为了验证模式的准确程度，并能体现不同功能区的污染物浓度及硫沉降水平，将三个市各自的控制点均选取在其常规的 SO_2 监测点上。模式所需的年均 pH 值、混合层高度等数据均由地方环保、气象部门提供。

(3) 局地源造成的 SO_2 浓度及硫沉降量

表 8 三市局地源造成的地面 SO_2 浓度及硫沉降量

地 点	控制点	地面 SO_2 浓度 (mg/m^3)	硫沉降量 ($g/m^2 \cdot a$)
南宁市	1	0.0890	3.92
	2	0.0719	3.10
	3	0.0777	3.64
	4	0.0458	2.98
	5	0.0768	3.48
	6	0.0748	3.47
	7	0.0037	0.20
	8	0.0950	4.29
	9	0.0600	3.07
柳州市	1	0.0273	0.88
	2	0.1084	4.36
	3	0.1667	7.02
	4	0.2572	10.32
	5	0.3142	12.91
	6	0.3168	13.23
	7	0.2907	12.95
	8	0.3436	13.63
	9	0.3433	13.40
	10	0.0607	2.32
桂林市	1	0.0318	1.48
	2	0.0794	3.59
	3	0.0891	4.00
	4	0.1134	5.09
	5	0.0999	4.50
	6	0.1014	4.56
	7	0.0681	3.09

由局地源模式分别计算出南宁、柳州、桂林三个市局地污染源对本地造成的 SO_2 浓度和硫

沉降量(表 8)。

3. 2000 年三市 SO_2 浓度及硫沉降的预测

(1) 三市 SO_2 浓度及硫沉降现状 由远距离输送模式(式 7—9)及复杂地区的多源沉降扩散模式(式 10)，分别得到了区域源及局地源对南宁、柳州、桂林三市 SO_2 浓度及硫沉降量的影响，经叠加可得三市 SO_2 浓度及硫沉降量的现状值(表略)。可以用三市各控制点的年均 SO_2 监测浓度来验证模式的计算结果。经检验三市的计算结果，80% 的控制点均落在 2 倍误差范围以内，所以计算结果与实际监测值基本相符。

(2) 2000 年区域源对三市 SO_2 浓度及硫沉降影响的预测 前面已经得出 2000 年广西区全区的高、中、低三个方案下 SO_2 排放的预测值，以 1985 年各地市 SO_2 排放占全区的百分比为基准，将预测值分摊到 SO_2 集中排放的 9 个城市。将分摊结果，即 SO_2 排放量的预测值代入远距离输送模式(式 7—9)中，即可得 2000 年区域源对南宁、柳州、桂林三市 SO_2 浓度及硫沉降量影响的预测值(见表 9)。

表 9 2000 年区域源对三市 SO_2 浓度及硫沉降量影响的预测

地 点		南宁	柳州	桂林
低方案	SO_2 浓度 (mg/m^3)	0.016	0.018	0.016
	硫沉降 ($g/m^2 \cdot a$)	0.6	0.55	0.7
中方案	SO_2 浓度 (mg/m^3)	0.019	0.021	0.019
	硫沉降 ($g/m^2 \cdot a$)	0.7	0.65	0.85
高方案	SO_2 浓度 (mg/m^3)	0.023	0.024	0.022
	硫沉降 ($g/m^2 \cdot a$)	0.8	0.75	0.95

(3) 2000 年局地源对三市 SO_2 浓度及硫沉降量影响的预测 在预测 2000 年局地源对本地 SO_2 浓度及硫沉降量的影响时，将 SO_2 排放量的增量按同样的比例均摊给所有的点源、面源，并将均摊后的结果代入复杂地区的多源模式(式 10)中，即可分别得到 2000 年三市的局地源对本地 SO_2 浓度及硫沉降量

表 10 2000 年三市局地源对本地污染影响预测

地 点	控 制 点	SO ₂ 浓度 (mg/m ³)			硫沉降 (g/m ² ·a)		
		高方案	中方案	低方案	高方案	中方案	低方案
南 宁 市	1	0.2293	0.1634	0.1230	10.10	7.20	5.42
	2	0.1852	0.1320	0.0993	7.99	5.69	4.29
	3	0.2003	0.1428	0.1074	9.38	6.69	5.03
	4	0.1436	0.1024	0.0770	7.68	5.47	4.12
	5	0.1979	0.1411	0.1062	8.96	6.39	4.81
	6	0.1928	0.1374	0.1034	8.94	6.37	4.80
	7	0.0096	0.0068	0.0051	0.51	0.36	0.27
	8	0.2447	0.1744	0.1313	11.05	7.88	5.93
	9	0.1801	0.1284	0.0966	7.89	5.63	4.24
	平均	0.1967	0.1402	0.1055	9.00	6.42	4.82
柳 州 市	1	0.0700	0.0530	0.0410	2.76	1.72	1.32
	2	0.2780	0.2105	0.1628	11.17	8.46	6.54
	3	0.4276	0.3237	0.2504	18.01	13.63	10.54
	4	0.6597	0.4994	0.3863	26.45	20.03	15.49
	5	0.8058	0.6100	0.4718	33.10	25.06	19.38
	6	0.8125	0.6151	0.4758	33.91	25.67	19.86
	7	0.7456	0.5645	0.4366	33.21	25.14	19.45
	8	0.8812	0.6671	0.5160	34.94	26.45	20.46
	9	0.8804	0.6665	0.5155	34.37	26.02	20.12
	10	0.1556	0.1178	0.0911	5.95	4.51	3.48
平均	0.6274	0.4750	0.3674	25.68	19.44	15.04	
桂 林 市	1	0.0563	0.0497	0.0422	2.54	1.90	1.48
	2	0.1364	0.1203	0.1046	6.16	4.72	3.59
	3	0.1530	0.1349	0.1171	6.87	5.26	4.00
	4	0.1949	0.1718	0.1492	8.75	6.69	5.09
	5	0.1717	0.1513	0.1316	7.73	5.92	4.50
	6	0.1743	0.1536	0.1333	7.83	5.98	4.56
	7	0.1170	0.1031	0.0889	5.31	4.03	3.09
	平均	0.1579	0.1392	0.1208	7.11	5.44	4.14

影响的预测值(表 10)

(4) 2000 年三市 SO₂ 浓度及硫沉降的预测 将表 9 的结果与表 10 的结果相叠加, 即得到 2000 年三市的 SO₂ 浓度及硫沉降量的预测值, 这里仅取其平均值列于表 11。

三、2000 年控制域内 pH 值的估算

对 2000 年三市 pH 值的预测采用趋势外推的方法。对三市历年的统计数据做相关分析可得到:

(1) 大气 SO₂ 浓度与年均降水 pH 值的

表 11 2000 年广西区控制域内三市 SO₂ 浓度与硫沉降量预测

方 案		地 点		
		南 宁	柳 州	桂 林
SO ₂ 浓度 (mg/m ³)	高方案	0.2197	0.5956	0.1799
	中方案	0.1592	0.4960	0.1582
	低方案	0.1215	0.3854	0.1368
硫沉降 (g/m ² ·a)	高方案	9.80	26.43	8.06
	中方案	7.12	20.09	6.29
	低方案	5.43	15.59	4.84

关系

$$pH = \frac{1}{0.375 - 0.189e^{-[SO_2]}} \quad (11)$$

(2) SO₂ 排放量与年均降水 pH 值的关系

$$pH = \frac{1}{0.244 - 0.121/P_{SO_2}} \quad (12)$$

式中, [SO₂] 为大气 SO₂ 浓度 (mg/m³); P_{SO₂} 为 SO₂ 的年排放量(万吨/年)

将前面所得的 SO₂ 浓度(表11)和 SO₂ 排放量(表 4) 的预测值分别代入式(11)和(12)中, 并取其平均, 即可得 2000 年三市 pH 值的估算值(见表 12)。

表 12 2000 年控制域内三市 pH 值

地点	方 案	式(1)	式(2)	平 均
南宁市	高方案	4.47	4.30	4.39
	中方案	4.67	4.38	4.53
	低方案	4.81	4.48	4.65
柳州市	高方案	3.61	4.21	3.91
	中方案	3.84	4.25	4.05
	低方案	4.05	4.29	4.17
桂林市	高方案	4.60	4.52	4.56
	中方案	4.68	4.58	4.63
	低方案	4.75	4.65	4.70

四、小 结

1. 采样弹性系数和趋势外推的方法, 对能源消耗、SO₂ 排放量及 pH 值进行预测, 其方法简单可行。

2. 在预测 SO₂ 浓度及硫沉降量时采用了区域模式与局地模式相叠加的方法, 综合考虑了局地污染源与远距离输送两方面的影响, 使预测结果更加可信。

3. 由预测结果可以看出, 如不采取相应的控制措施, 控制域内酸雨加剧的趋势将继续发展, 以柳州市为例, 大气中的 SO₂ 年均浓度会达到 0.38—0.60mg/m³, 降水 pH 年均值会下降到 3.91—4.17。由此可见, 采取相应的控制措施, 如流化床、型煤、烟气脱硫等技术, 以缓解降水酸化现象已势在必行。

参 考 文 献

[1] 李洪珍, 世界环境, 4, 14(1988).
 [2] Thomas, S. T., A. Kumar, *Analysis of a Statistical Type Long Range Transport Model*, Paper, 78th Annual Meeting of APCA, Detroit, June, 1985.
 [3] Fay, J. A. et al., *An Analytical Diffusion Model for Long Distance Transport of Air Pollutants*, PP. 355—365, *Atm. Env.* 14, 1980.

(收稿日期: 1991 年 4 月 17 日)

(上接第51页)

能。在动态试验中, 进水 COD_{cr} 高达 471.0mg/L, 去除效率为 61.9%。在静态试验中, 废水原有机物浓度 COD_{cr} 为 122.4mg/L, 处理 4 天后的净化效率可达 80%。

4. 利用缙丝废水排放水面无土栽培水蔬菜, 其经济效益可观。并且可与多花黑麦草在季节上实现衔接, 形成配套技术, 达到全年运转的目的。在净化废水的同时, 可为发展渔业生产提供优良青饲料。

参 考 文 献

[1] 陈守钺等, 经济水生植物, 第 46—51 页, 农业出版社, 北京, 1982.

[2] 周泽江等, 生态学杂志, (5), 36(1984).
 [3] 曹 侃等, 水生植物栽培, 第 99—100 页, 上海科学技术出版社, 上海, 1983.
 [4] 李止正等, 植物生理学通讯, (3), 55(1986).
 [5] 李止正等, 上海农业科技, (2), 6(1985).
 [6] APHA 等编, 宋仁元等译, 美国水和废水标准检验法, 第 358—360 页, 444—449 页, 329—331 页, 中国建筑工业出版社, 北京, 1985.
 [7] 陶大钧等, 无锡环保, (2), 41(1982).
 [8] 钱君龙等, 环境科学, 8(1), 81(1987).
 [9] 王菊女等, 淡水渔业, (1), 9(1987).
 [10] 程树培, 丁树荣等, 生态科学, (2), 38(1988).
 [11] Rogers, H. H., et al., *Weed Sciences*, 20(5), 423(1972).
 [12] Dinges, W. R., *J. WPCF*, 50(5), 833(1978).

(收稿日期: 1991 年 1 月 21 日)

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