

大气污染分区与绿化模式的研究

赵 勇 李树人

(河南农业大学林学系, 郑州 450002)

摘要 在大气污染物实测和预测分析的基础上,应用聚类分析和综合指数的方法将污染区分为 4 个类型,绿化植物按照指数大小划分为 3 类。根据每个类型污染特点选择相应的绿化模式和植物种。研究表明:距污染源下风向 300—4000m 是重污染区,单一污染和复合污染在该范围内较严重。绿化模式以乔、灌、草结合的形式对大气污染净化效果较好。

关键词 绿化模式,大气污染,综合指数。

准确评价新建工程的污染程度,对进行污染区绿化规划具有重要意义。在郑州市新建大型工程的同时,重点研究该工程对大气环境影响的程度和范围,据此提出绿化规划方案和配置相应的绿化模式,是预防污染的科学保证。

研究区气候属暖温带大陆性季风气候,常年平均温度 14.2℃,主导风向为 NE 风,风频 12%。全区大气稳定度以中性(D 类)为主,占 44.7%。

工程建设前,该区大气污染物主要是 SO₂、TSP、HCl、Cl₂,排放量分别为 11820t/a、16410t/a、5.32t/a 和 156.1t/a。

1 研究方法

1.1 因子选择

选择 SO₂、TSP、NH₃ 作为主要预测因子。现状评价选取 SO₂、HCl、Cl₂ 和 TSP 4 项。

1.2 分析方法及评价标准

采样及分析方法按国家标准和统一方法进行^[1]。现状污染评价标准按“大气环境质量标准”(GB3095-82)中二级标准。预测值按郑州市有关部门规定的占大气环境质量二级标准的 4% 评价。

1.3 预测方法

对拟建企业污染物预测选用《制定地方大气污染物排放标准的技术原则和方法》(GB3840-83)。

烟气抬升公式:

$$\Delta H = n_0 \cdot Q_H \cdot H_s \cdot u^{-1} \quad (1)$$

式中, ΔH 为烟气抬升高度(m), Q_H 为烟气热释放率(kJ/s), H_s 为烟囱的几何高度(m), u 为烟囱出口处风速(m/s), n_0 、 n_1 、 n_2 为系数。

孤立排气筒下风向任意一点地面浓度计算公式:

$$c(X, Y, O) = \frac{Q}{\pi \cdot \bar{u} \cdot \sigma_Y \cdot \sigma_Z} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{Y^2}{\sigma_Y^2} + \frac{H_s^2}{\sigma_Z^2}\right)\right] \quad (2)$$

式中, Q 为源强(mg/s), c 为下风向任意点地面浓度(mg/m³), σ_Y 、 σ_Z 为横向和垂直方向扩散参数, $H_s = H_s + \Delta H$ (m), $\bar{u}$ 为平均风速(m/s)。

2 结果与分析

2.1 大气污染现状

结果见表 1。评价区内 SO₂ 日均浓度为 0.015mg/m³, 表明 SO₂ 不是主要污染物。TSP 污染较重, 日均浓度超标率为 64.3%。由于境内有一化工厂, 其 HCl、Cl₂ 在下风向 1200m 范围内检出率分别为 65.2% 和 100%, 一次最大浓度分别超标 30.2 倍和 8.7 倍, 已严重影响到周围环境。

2.2 SO₂、TSP、NH₃ 污染预测

当工程投产后, 根据设计标准, SO₂、TSP 主要来源于产汽 80t/h 的锅炉车间, 其它工艺排放量较少, 不作计算。污染源的排放条件为: 烟囱 SO₂ 排放量为 850kg/h, 远超出国家允许值

收稿日期: 1994-02-28

表 1 大气污染现状监测结果

项目	检出率 (%)	一次浓度			日均浓度		
		范围(mg/m ³)	均值(mg/m ³)	超标率(%)	范围(mg/m ³)	均值(mg/m ³)	超标率(%)
SO ₂	58.5	0—0.2	0.03	0	0—0.1	0.015	0
HCl	100	0.01—1.56	0.35	86	0.08—0.75	0.23	100
Cl ₂	65.2	0—0.97	0.27	13.7	0—0.33	0.077	70
TSP					0.02—1.07	0.36	64.2

(193.5kg/h)。TSP 排放量 128kg/h,低于允许值(387kg/h)。为使烟囱排放符合国家卫生标准,实际工作中最关心的是最大地面浓度(c_m)和出现位置(X_m),其表达式分别为:

$$c_m = \frac{ZQ}{e \cdot \pi \cdot \bar{u} \cdot H_e^2 \cdot P_{11}} \tag{3}$$

式中, c_m 为孤立排气筒下风向 30min 最大地面浓度, P_{11} 为 30min 取样时间的横向稀释系数。

$$X_m = (\frac{H_e}{r_2})^{\frac{1}{\alpha_2}} \cdot (1 + \frac{\alpha_1}{\alpha_2})^{-\frac{1}{2\alpha_2}} \tag{4}$$

式中, X_m 为最大地面浓度距排气筒距离(m), α_1 、 α_2 和 r_2 是与大气稳定度有关的参数。

(1) SO₂、TSP 落地日平均浓度 利用模式计算的年平均风速($u_{10}=3.1$ m/s)和冬季实测风速($\bar{u}_{80}=4.0$ m/s),分别计算了 SO₂、TSP 落地日平均浓度(见图 1)。由图 1 知,SO₂属超标排放, c_m 为 0.126mg/m³(年平均风速下)和 0.090mg/m³(实测风速下)分别超过允许值(0.006mg/m³约 20 倍和 15 倍。 X_m 分别为 1162m 和 1399m。TSP 略有超标, c_m 约超标 0.5 倍。

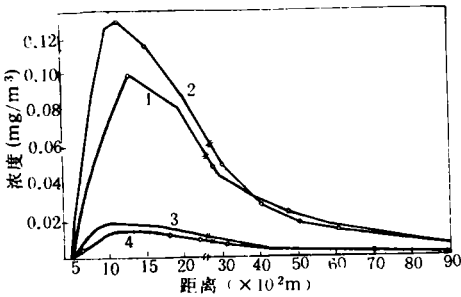


图 1 SO₂、TSP 地面日均浓度

1. c_{SO_2} (实测风速下) 2. c_{SO_2} (年均风速下)
3. c_{TSP} (实测风速下) 4. c_{TSP} (年均风速下)

(2) NH₃日平均落地浓度 污染源是 2 个相

距 50m,排放量分别为 216kg/h 和 150.9kg/h 的车间,排气筒高度分别是 50m 和 40m。用年平均风速(3.1m/s)和冬季实测风速分别计算了地面下风向 c_m ,分别为 0.4754mg/m³和 0.4120mg/m³, X_m 二者均出现在距排气筒 310m 处(图 2)。

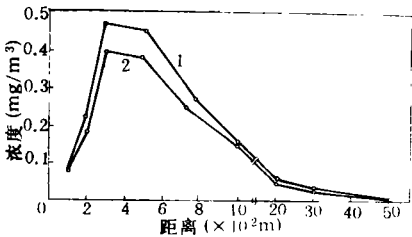


图 2 NH₃落地日平均浓度
1. 年均风速 2. 实测风速

2.3 区域内污染类型

对工程投产后和现有的 5 种污染物,利用污染指数划分等级进行分类和评判。

(1)污染指数 $P_i = \frac{c_i}{S_i} \tag{5}$

式中, P_i 为污染指数, c_i 第 i 种污染物实测或预测浓度(mg/m³), S_i 为第 i 种污染物评价标准(mg/m³)。根据 P_i 值按表 2 进行评分。

表 2 污染等级及评分

P_i	等级	污染程度	评分
0—0.5	一	微	1
0.5—1.0	二	轻	2
1.0—2.0	三	中	3
2.0—10.0	四	重	4
>10.0	五	严重	5

(2)据表 2 得到各种污染物的得分值(X_{ij})作为原始数据,对原始数据用下式进行标准化:

$$X_{ij}' = X_{ij}/X_j(\max) \tag{6}$$

式中, i 为污染物(1,2,3...5), j 为距污染源的
距离。据此得到标准化数据 X_{ij} (表 3)。

表 3 综合评判标准化数据

符号	距离 (m)	SO ₂	TSP	HCl	Cl ₂	NH ₃	综合指数 (Y)
A	200	0.2	0.33	0.33	0.2	0.25	0.1836
B	300	0.2	0.33	0.67	1.00	1.00	0.6505
C	500	0.2	0.33	1.00	1.00	0.75	0.6955
D	750	0.2	0.33	1.00	1.00	1.00	0.7330
E	1000	0.2	0.67	0.67	1.00	0.75	0.6145
F	1500	0.8	0.67	0.67	0.80	0.5	0.7245
G	2000	1.0	1.00	0.33	0.80	0.5	0.6925
H	3000	1.0	1.00	0.33	0.60	0.5	0.6425
I	4000	0.8	1.00	0.33	0.60	0.5	0.5925
J	5000	0.8	0.67	0.33	0.2	0.25	0.4295
K	6000	0.8	0.67	0.33	0.2	0.25	0.4295
L	7000	0.8	0.67	0.33	0.2	0.25	0.4295
M	8000	0.8	0.67	0.33	0.2	0.25	0.4295
N	10000	0.8	0.67	0.33	0.2	0.25	0.4295
O	12000	0.6	0.33	0.33	0.2	0.25	0.3795

(3)对标准化后的数据(X'_{ij})权重向量 A_j 定
为 $A_j = (\text{SO}_2, \text{TSP}, \text{HCl}, \text{Cl}_2, \text{NH}_3) = (0.25, 0.1,$
 $0.25, 0.25, 0.15)$ 。其综合指数(Y), $Y = X_{ij} \cdot A_j$
(7)

结果见表 3。

(4)用逐步聚类最小距离法对 X_{ij} 进行聚类
分析,结果见图 3。

(5)用聚类分析结果和综合指数对污染区进
行类型分区,可划分为 4 个类型(表 4)。

I 类属轻污染区,在距污染源 300m 以内,
污染物以 HCl、Cl₂和 NH₃为主;>12000m 处 SO₂、
TSP 是主要污染物,但在该区其浓度较低。II、III
类型属重污染区,5 种污染物含量均较高,但 I
类区的特点是以 HCl、Cl₂、NH₃污染为主。III 类型
是 5 种污染物复合污染地带,多发生在这 2 种
类型区。也是绿化防护实施重点区域。距污染源
4000—12000m,属 IV 类型,该区污染特点是 SO₂、

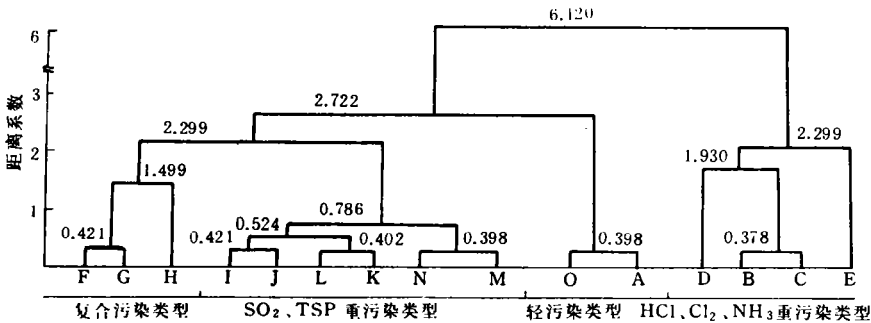


图 3 地面污染聚类树状图

表 4 污染区分类结果

类型	范围(m)	符号	综合指数(Y)	污染程度	主要污染物
I	<300, >12000	A、O	0.1836—0.3795	轻—微	少量 HCl、Cl ₂ 、NH ₃
II	300—1500	B-E	0.4295—0.7330	重—严重	HCl、Cl ₂ 、NH ₃ 为主
III	1500—4000	F-H	0.5925—0.7330	严重	5 种污染物
IV	4000—12000	I-M	0.3795—0.5925	中—重	SO ₂ 、TSP 为主

TSP 为主,其余 3 种污染物浓度较低。

2.4 绿化模式选择与效果分析

2.4.1 绿化植物的选择

绿化植物选择原则,主要指标是植物生长期
对污染物吸收和抗性强、并具有一定观赏、经

济价值,易繁殖管理、不飞絮、无落花落果、无异
香恶臭以及抗病虫害等。根据以上标准建立抗污
染数量化指标(表 5)。用这一标准对 26 种本地
常见植物进行了综合评判。先对原始数据标准化
(利用公式 6)。各因子权重向量 $A_j = (x_1, x_2, x_3,$

$x_4)=(0.7,0.1,0.1,0.1)$ 。综合指数 Y 由公式 7 求得。结果见表 6。

表 5 绿化植物评分标准

耐污能力(x_1)			繁殖和管理(x_2)			经济和观赏价值(x_3)			综合指标(x_4)		
能力	等级	分数	难易	等级	分数	价值	等级	分数	数值	等级	分数
强	一	4	易	一	3	高	一	3	高	一	3
较强	二	3	较易	二	2	较高	二	2	中	二	2
中	三	2	难	三	1	一般	三	1	低	三	1
弱	四	1									

由表 6 可知,Ⅰ类植物($Y\geq 0.8$)有 9 种,顺序为:大叶黄杨、白腊、野牛草、女贞、加杨、构树等,该类植物具有较高抗污净化能力,并具有较强的经济观赏价值,是绿化首选植物。Ⅱ类(Y 值 0.7—0.8)植物有:桑、桧柏、侧柏、紫穗槐、合欢等,该类植物抗性较强,有一定经济和观赏价值,

在抗性要求不很严的污染区适用。Ⅲ类植物($Y<0.7$)有:臭椿、木槿、悬铃木等,该类植物在轻污染区种植较好。

2.4.2 模式选择与分析

绿化模式的选择应依据各污染区特点和所处位置等因素综合考虑。其结果见表 7。

表 6 绿化植物综合评判标准化数据

植物种	$x_1(\text{评分}/x_1')$			$x_2(\text{评分}/x_2')$	$x_3(\text{评分}/x_3')$	$x_4(\text{评分}/x_4')$	Y	类型
	SO ₂	烟尘	Cl ₂					
加杨 <i>P. canadensis</i>	4/1.0	3/0.75	4/1.0	3/1.0	2/0.67	0.884	I	
毛白杨 <i>P. tomentosa</i>	2/0.5	2/0.5	3/0.75	3/1.0	2/0.67	1/0.33	0.600	Ⅱ
旱柳 <i>S. matsudana</i>	2/0.5	2/0.5	3/0.75	3/1.0	2/0.67	3/1.0	0.666	Ⅲ
家榆 <i>U. pumila</i>	2/0.5	2/0.5	4/1.0	3/1.0	1/0.33	1/0.33	0.617	Ⅲ
刺槐 <i>R. pseudoacacia</i>	2/0.5	2/0.5	4/1.0	3/1.0	1/0.33	1/0.67	0.650	Ⅲ
构树 <i>B. papyrifera</i>	4/1.0	3/0.75	4/1.0	3/1.0	2/0.67	1/0.33	0.851	I
合欢 <i>A. julibrissin</i>	3/0.75	2/0.5	2/0.5	3/1.0	3/1.0	3/1.00	0.725	Ⅱ
悬铃木 <i>P. acerifolia</i>	4/1.0	1/0.25	4/1.0	2/0.67	2/0.67	1/0.33	0.651	Ⅲ
臭椿 <i>A. altissima</i>	3/0.75	3/0.75	3/0.75	2/0.67	1/0.33	2/0.67	0.692	Ⅲ
白腊 <i>F. chinensis</i>	4/1.0	4/1.0	4/1.0	3/1.0	1/0.33	2/0.67	0.900	I
银杏 <i>G. biloba</i>	2/0.5	2/0.5	4/1.0	1/0.33	3/1.0	1/0.33	0.616	Ⅲ
核桃 <i>J. regia</i>	2/0.5	2/0.5	2/0.5	2/0.67	3/1.0	2/0.67	0.584	Ⅲ
女贞 <i>L. lucidum</i>	3/0.75	4/1.0	3/0.75	2/0.67	2/0.67	3/1.00	0.884	I
桑树 <i>M. alba</i>	3/0.75	3/0.75	4/1.0	1/0.33	1/0.33	1/0.33	0.766	Ⅱ
侧柏 <i>P. orientalis</i>	4/1.0	3/0.75	2/0.5	2/0.67	3/1.0	3/1.00	0.742	Ⅱ
雪松 <i>C. deodara</i>	3/0.75	2/0.5	4/1.0	1/0.33	3/1.0	3/1.00	0.758	Ⅱ
园柏 <i>S. chinensis</i>	4/1.0	2/0.5	4/1.0	2/0.67	3/1.0	3/1.00	0.833	I
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	2/0.5	3/0.75	2/0.5	2/0.67	2/0.67	3/1.00	0.621	Ⅲ
华山松 <i>P. armandi</i>	3/0.75	3/0.75	2/0.5	1/0.33	2/0.67	3/1.00	0.635	Ⅲ
石楠 <i>P. serrulata</i>	2/0.5	2/0.5	2/0.5	1/0.33	2/0.67	2/0.67	0.517	Ⅲ
木槿 <i>H. syriacus</i>	2/0.5	2/0.5	4/1.0	2/0.67	3/1.0	2/0.67	0.684	Ⅲ
丁香 <i>S. microphylla</i>	3/0.75	4/1.0	3/0.75	2/0.67	3/1.0	2/0.67	0.809	I
紫穗槐 <i>A. fruticosa</i>	4/1.0	2/0.5	3/0.75	3/1.0	2/0.67	1/0.33	0.750	Ⅱ
大叶黄杨 <i>E. japonicus</i>	4/1.0	4/1.0	3/0.75	3/1.0	3/1.0	3/1.00	0.950	I
美人蕉 <i>Canna indica</i>	4/1.0	4/1.0	2/0.5	2/0.67	3/1.0	2/0.67	0.834	I
野牛草 <i>Buchloe dactyloides</i>	4/1.0	4/1.0	4/1.0	3/1.0	2/0.67	1/0.33	0.900	I

表 7 污染特点和绿化模式配置

类型	范围 (m)	污染特点 ¹⁾					绿化植物	模式
		SO ₂	TSP	HCl	Cl ₂	NH ₃		
I	<300	+	+	++	++	++	大叶黄杨, 木槿, 丁香, 美人蕉, 草等	草+灌
II	300—1500	+	+	+++	+++	+++	女贞, 海桐, 大叶黄杨, 草等	草+灌
III-1	1500—3000	+++	+++	+++	++	++	大叶黄杨, 白腊, 女贞, 构树, 加杨, 草等	乔+灌+草
III-2	3000—4000	+++	+++	+	+	+	加杨, 合欢, 悬铃木, 银杏, 丁香, 木槿等	乔+灌+草
IV, I	>4000	++	++	+	+	+	大叶黄杨, 毛白杨, 加杨, 核桃, 木槿, 丁香等	乔+草或 纯乔木林

1) + 轻污染 ++ 中污染 +++ 重污染

I、II 类型区为 HCl、Cl₂、NH₃ 污染区, 其中 II 类型污染重于 I 类型。在绿化植物选择时依抗性而论 II 类要高于 I 类区。由于该 2 种类型均在厂区范围内, 因此不应种植高大树木, 以免影响污染物扩散。最好选用草+灌绿化模式。III-1 类型是 5 种污染物复合污染重发区, 绿化植物以综合指数高的种类效果较好。III-2 类型区应选择抗 SO₂ 和 TSP 高的植物。这 2 个类型绿化模式以净化能力强的乔、灌、草相结合形式较好。距污染源 4000m 以远属 IV 类和 I 类(>12000m) 区, 该区内污染物明显降低, 污染较轻, 绿化时充分注意其多种效应, 模式以纯乔木林或乔草式较好。

3 小结

(1) 该项工程投产后, 按污染程度可分为 4 个类型。其中 300—4000m 是污染重发区, SO₂、TSP 最大浓度超标严重, 最大地面浓度 c_m 出现位置在 1000—1500m 处。

(2) 经对 26 种常见绿化植物综合评价, 有 9 种植物综合性能较好, 可作为第 I 类绿化植物选

用。

(3) 在厂区内, 绿化模式以草灌式为宜, 厂区以外乔灌草或乔草式等均可选用。

(4) 由于植物减污效果随时间、树种、位置不同而变化, 因此各绿化模式随上述因素减污效果变化尚需进一步研究。

参考文献

- 1 国家环保局编. 空气与废气分析方法. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 75—126
- 2 蒋志学等. 环境生物学. 北京: 中国环境科学出版社, 1987: 132—184
- 3 冯采芹等. 绿化环境效应研究. 北京: 中国环境科学出版社, 1992: 15—62
- 4 孔国辉等. 大气污染与植物. 北京: 中国林业出版社, 1986: 158—191
- 5 黄会一等. 生态学报. 1981, 1(4): 315
- 6 孔国辉等. 中国环境科学. 1983, 3(6): 241—
- 7 李宗恺等. 空气污染气象学原理及应用. 北京: 气象出版社, 1985: 532—556
- 8 郝吉明等. 大气污染控制工程. 北京: 高等教育出版社, 1989: 110—134

(上接第 11 页)

3 结论

通过对各种方法固定的微生物膜比较可见, 海藻酸钠包埋法固定的微生物膜必须浸于甘油中, 保存比较困难, 且测定时容易发生溶胀和流失现象, 不适于实际应用; 而戊二醛-牛血清白蛋白交联法固定的膜各方面性能较好, 又易于保存和使用, 故目前笔者采用交联法来制备 BOD 敏感膜, 并用自制的氧电极采用伏安法用于一些实际污水中 BOD 的快速测定, 获得了满意的结

果^[7]。所以 BOD 微生物传感器这种快速测定方法可望应用于环境监测、食品卫生、临床医疗等实际工作中。

参考文献

- 1 Isao Karube et al. Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. . 1979, 7: 745
- 2 铃木周一. 生物传感器. 北京: 科学出版社, 1988: 379
- 3 黄克服等. 微生物通报. 1988, 6(1): 32
- 4 张先恩. 环境科学学报. 1986, 6(2): 184
- 5 孙裕生等. 环境科学. 1989, 10(6): 53
- 6 邓家祺, 孔继烈等. 上海环境科学. 1991, 10(3): 25

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

experiment, atmospheric monitoring.

Study on the Biodegradabilities of Dyes under the Aerobic Conditions. An Huren (China- Japan Friendship Environ. Protection Centre, Beijing 100029), Qian Yi et al. (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University, Beijing 100084); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(6), 1994, pp. 16—19

Three simple and practical aerobic biodegradability test methods, i. e., static flask screening test, Warburg respirometry and semi-continuous activated sludge system, were chosen depending on the characteristics of dyes to test the biodegradabilities of 26 water soluble dyes. The results of tests using these three methods were compared and the reasons for the differences between these results were explained. The effects of environmental factors on the biodegradability tests were also discussed. It was found that most of the dyes studied are refractory under the aerobic conditions, and the semi-continuous activated sludge system is a favourable and more precise test method although it takes a longer time.

Key words: dyes, biodegradability, aerobic.

Study on the Mechanism of the Bacteria- added Biological Contact Oxidation Process in the Treatment of Wastewater from Jiemycin Production Process. Luo Guowei and Yang Danqing et al. (Institute of Environ. Sci., South China Normal University, Guangzhou 510631); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(6), 1994, pp. 20—22

This paper deals with a treatment system in which the "hydrolytic acidification - two staged biological contact oxidation-coagulation" process was used to treat a high strength wastewater from the production process of jiemycin. Particularly, it relates to the characteristics, distribution patterns and degradative functions of its aerobic microbial films. The selection and breeding of efficiently degradative bacteria, and whether or not the added bacteria can keep its dominance in the reactor were also studied to explore the mechanism of treating jiemycin wastewater by using the bacteria-added biological contact oxidation process. By the separation and identification of aerobic microbial films from this system, 18 strains bacteria species in 11 genera were obtained. Their distribution of bacteria counts and the effectiveness of degrading organics show that after passing through a pilot operation the added bacteria still exist in the reactor and take the dominant position, and the most dominant strain was identified to be in *Aeromona*. Both qualitative and quantitative analyses of the effluents from pilot aerobic treatments were made to find the reasons for causing the remaining COD_{Cr} values.

Key words: jiemycin wastewater, bacteria- added biological contact oxidation process, dominant species of bacteria, biodegradability, GC/MS.

Classification of Atmospheric Pollution Areas and Afforestation Models. Zhao Yong and Li Shuren (Henan University of Agriculture, Zhengzhou 450002); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(6), 1994, pp. 23—27

Based on the monitoring and predictive analysis of atmospheric pollutants, the clustering analytic method and synthetic index method were used to classify the pollution areas into four types and to classify the greening vegetations into three types in terms of the size of index value. Then further based on the features of pollution for each type of pollution areas, corresponding afforestation models and plant species were selected to green the areas in order to improve the atmospheric environmental quality there. The study demonstrates that more serious single and compounded pollutions generally took place at 300 to 4000m leeward from pollution sources, where an afforestation model consisting of the proper combination of arbor, bush and grass was better in improving the quality of atmospheric environment.

Key words: afforestation model, atmospheric pollution, synthetic index.

Study on the Database System for the Biodegradabilities of Organics in Wastewaters. Huang Xia and Jiang Bin (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University, Beijing 100084); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(6), 1994, pp. 28—32

Based on analyzing in an all-round way the status of demand for the database systems for biodegradabilities of organics in wastewaters and their features, and by using a software engineering method, the systems analysis and systems design of the users- oriented database system have been completed that form a firm basis for further implementing the system.

Key words: wastewater, organics, degradability, database system.

Study on the Electrode Polarization in the Electrolytic Treatment of Lead Wastes Containing Gold and Silver. Zhang Zhongyan, Liang Huqi et al. (Shanghai University of Technology, Shanghai 200072); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(6), 1994, pp. 33—37

A detailed study, based on the theories of electrochemical thermodynamics kinetics, was carried out on the polarization behaviour and process conditions in the electrode processes of separating gold and silver from lead and obtaining a pure lead