

$$\cdot \left(\frac{x}{H}\right)^{-0.467} \cdot e^{-0.726w} \quad (19)$$

式中,  $D$  为煤炭下落时的当量直径;  $u_0$  为起尘风速, 根据试验  $u_0$  为 0.21(m/s);  $x$  为为定义起尘量的距离 (m);  $w$  为煤炭的含水率 (%)。

上二式表明, 皮带运输机装卸煤炭时单位时间的起尘量随风速、装卸高度、离尘源的距离以及煤的含水率而变化。

## 五、结 束 语

本文所介绍的一些试验工作, 虽然已解

决了一些生产上提出的问题, 但对这些问题的研究只能说处于初期阶段, 离开完善和系统的解决尚有一段距离, 特别是我们所做的飘尘浓度扩散试验尚不够精确, 需进一步完善, 有些工作尚有待深入探讨。

## 参 考 文 献

- [1] Crowe, C. T., ASME Journal of Fluids Engineering, 104(3), 297—303 (1982).
- [2] 王献孚, 武汉水运工程学院学报, (4)51—59(1985).
- [3] [苏] B. C. 尼基金 H. 3. 彼得科洛夫, 露天矿通风, 1—5 页, 煤炭工业出版社, 1981 年。

# 用植物监测大气二氧化硫污染状态的变化\*

郁梦德 张德强 余清发

(中国科学院华南植物研究所)

国内外的研究证明, 植物叶片的含污量与大气污染物浓度有着密切的关系, 因此, 在研究污染物对环境质量的影响时, 测定植物叶片含污量是一项重要的指标。

1980 年茂名市工业污染物排放标准制定前, 曾对该市大气  $SO_2$  浓度监测点上的植物进行过受害症状调查和叶片含硫量的测定, 并根据植物受害状况及含污量指数将该市的大气  $SO_2$  污染划分为三个污染区。所划分的污染区与大气  $SO_2$  浓度分区图基本一致。

1985 年于同一采样季节、同一地点、用同样方法进行植物受害调查和叶片含硫量测定, 通过前后两次调查和含硫量变化, 评价该市工业污染物排放标准制定前后  $SO_2$  污染状况的变化, 研究证明利用叶片分析评价某一地区环境质量前后的变化是一种比较简便、经济有效而又科学的生物学手段之一。

## 一、研究 方 法

在 1980 年大气  $SO_2$  监测点上对生长在自然土壤上的木麻黄 (*Casuarina equisetifolia*) 和窿缘桉 (*Eucalyptus exserta*) 两种植物, 进行受害症状的调查。采集 3—5 株面向污染源、高约 3m 处的枝条, 每株 2—3 条, 用自来水冲洗干净, 晾干后剪取成熟叶和老叶(不带叶柄)\*\*, 于 60℃ 烘箱烘干, 用手初步粉碎, 对角线法取样 10g 左右, 用不锈钢剪刀剪至小于 0.5cm, 磨碎过 80 目筛, 装磨口瓶供测试用。

总硫测定: 称取植物样品 (60℃ 烘干) 0.1000g, 用燃烧法提取后, 吸出定量清液, 用

\* 本文为中国环境科学院生态研究所和茂名市环境保护局的委托任务。上述单位的黄振管、李煜堂两同志协助采样工作。

\*\* 木麻黄是指小枝和鳞片状退化叶。

硫酸钡比浊法测定<sup>[1]</sup>。

水溶性硫测定：称取植物样品（60℃烘干）0.2000—1.0000g，加重蒸水 50ml，振荡 15min；放置过夜，次日过滤，吸取定量滤液，加浓硝酸在烟柜的电热板上消化蒸干，用盐酸溶解定容后，吸取定量清液，用硫酸钡比浊法测定。

### 二、大气污染概况\*

茂名市是以石油、化工为主的中型工业城市，市区面积约 25km<sup>2</sup>，地势平坦，离海约 20km，全年主导风向为东南风和西北偏北风，污染源比较集中，主要分布在市区西北的炼油厂、合成纤维厂、热电厂、化工一厂、化工二厂等地段，废气排放量大，气体的成分复杂，除了 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、粉尘以外，尚有大量的碳氢化合物如芳香烃类等有机污染物，在炼油厂与文冲口化工厂等地段的下风向，经常烟雾不散，恶臭呛人，如遇恶劣天气，市区也臭气难闻。

为改善该市的大气环境质量，1980 年按国家卫生标准（TJ36-79）要求，制定该市的工业污染物排放标准后，近几年全市工业废气的排放情况如下\*\*：

表 1 茂名市历年工业废气排放量

年 份	工业废气排放总量 (m <sup>3</sup> /a)	SO <sub>2</sub> 排放量 (t/d)
1980	324 × 10 <sup>7</sup>	63.35
1981	1394 × 10 <sup>7</sup>	51.13
1983	1424 × 10 <sup>7</sup>	26.15

从表 1 数据看出，自 1980 年排放标准制定以后，该市的废气排放总量虽逐年有增加，但 SO<sub>2</sub> 的排放总量却明显的减少。

根据全市七个点的大气 SO<sub>2</sub> 浓度监测结果看出(表 2)，虽然 1985 年化工一厂、油公司，双山几个点的 SO<sub>2</sub> 平均值与一次最大值较 1980 年稍高，但 1985 年全市的大气 SO<sub>2</sub> 浓度平均值及一次最大值均比 1980 年低。

此外，从图 1. 也可以看出，该市的 SO<sub>2</sub>

表 2 1980 年与 1985 年春季大气 SO<sub>2</sub> 浓度监测结果 (μg/m<sup>3</sup>)

样点地名	样点号	1980 年春季 SO <sub>2</sub> 浓度		1985 年春季 SO <sub>2</sub> 浓度	
		平均值	一次最大值	平均值	一次最大值
机务段	23	60.76	900.78	27.80	79.20
水厂	10	56.48	487.30	17.00	31.80
高架桥	28	54.85	639.20	28.00	65.30
化工二厂	1	50.00	941.90	37.30	90.10
化工一厂	34	21.68	245.13	56.00	116.10
油公司	21	5.73	46.20	28.70	58.30
双山	20	7.08	50.00	13.30	59.20
平均值		36.65	472.93	29.73	71.43

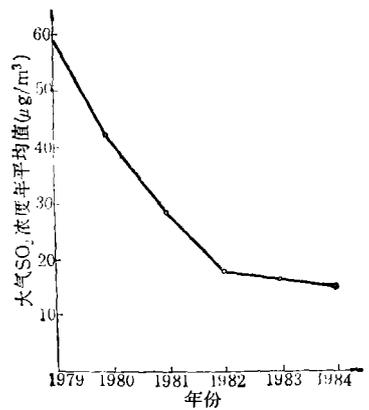


图 1 茂名市区历年大气 SO<sub>2</sub> 的浓度变化

年平均浓度在 1980 年以后一直是直线下降，1982 年至今一直稳定在较低的水平（15—17μg/m<sup>3</sup>）。

### 三、结果与分析

#### 1. 植物受害表现

植物受害症状表现与 1980 年基本相同，但植物的受害程度及地区范围则比 1980 年有所发展。除对照点外，几乎所有样点的两种植物均表现出不同程度的受害症状：窿缘桉叶片尖端枯焦或枯黄，叶面有不同数量的

\* 茂名市环境监测站资料

\*\* 茂名市环境监测站编写的 1981 年和 1983 年环境质量报告书

棕、棕褐、褐、黑褐色斑点或突起物；木麻黄为枝端枯焦或枯黄，节间颜色黄绿，枝条呈黄绿色，萌枝少。

据 T. H. Nash 的报道<sup>[2]</sup>，当大气中 SO<sub>2</sub> 年平均浓度达到 28—224 μg/m<sup>3</sup> 时，植物才出现伤害症状，又据 1980 年的调查，该市植物出现伤害症状的大气 SO<sub>2</sub> 浓度大致是在日平均浓度 20 μg/m<sup>3</sup> 以上地区。据作者多年对工矿区植物伤害的调查和观察，植物受害症状的产生，多数是由于工厂发生事故或者是大气稳定度高时，污染物质的扩散和稀释条件差所引起。近几年在工厂周围四个 SO<sub>2</sub> 浓度监测点的日平均值虽大部分在 20 μg/m<sup>3</sup> 以上，但无论是日平均、季平均或一次最高值均较 1980 年低得多，而植物的受害症状非但没有减轻，相反却更为严重(见表 5)，叶面的褐色和黑色突起物多而明显。就目前所知，SO<sub>2</sub> 不会造成这种伤害症状，这说明该市除有 SO<sub>2</sub> 污染外，还有其它的污染物质，使植物引起伤害，以炼油厂为主的工业城市，碳氢化合物如烃和芳香烃的污染是不可避免的，但究竟是何种污染物引起植物“生癌”，对人体健康有什么影响，这是值得研究的问题。

2. 植物含硫量的变化

国内外已有不少报道，在植物最大耐受限度的范围内，植物叶片的含硫量与大气 SO<sub>2</sub> 浓度呈正相关，植物吸收的硫明显地

随着大气 SO<sub>2</sub> 浓度和接触时间的增加而增加<sup>[3-7]</sup>。

从表 3 可以看出，该市的植物叶片含硫量与大气 SO<sub>2</sub> 浓度的相关性是很显著的，P 值均落在 0.01 的水平上。

表 3 1980 年与 1985 年两种植物叶片含硫量与大气 SO<sub>2</sub> 浓度的相关系数

r 值 年份	木麻黄		窿缘桉		n-2	P 值	
	项目		项目			0.05	0.01
	总硫	水溶性硫	总硫	水溶性硫			
1980	0.61	0.60	0.63	0.74	28	0.36	0.46
1980	0.94	0.91	0.94	0.92	5	0.75	0.87
1985	0.94	0.93	0.93	0.88	5	0.75	0.87

又从表 4 可以看出，1980 年与 1985 年茂名市各采样点的植物含硫量，平均值、最高值和最低值均比对照点（电白县小良水土保持试验站）高，说明该市各采样点均有不同程度的 SO<sub>2</sub> 污染。1985 年植物含硫量平均值也明显的低于 1980 年，据全市 27 个样点两种植物的总硫及水溶性硫平均值的 t 检验结果，t 值分别为 2.60 和 8.04，α 值分别小于 0.05 和 0.01，差异是很显著的，这说明该市自制定污染物排放标准后，SO<sub>2</sub> 的污染已有所改善。

表 4 1980 年与 1985 年两种植物含硫量比较(单位: g/kg·干重)

年 份	木 麻 黄		窿 缘 桉													
	总 硫 量		水 溶 性 硫		总 硫 量		水 溶 性 硫									
	平均	最高	最低	对照	平均	最高	最低	对照								
1980	1.99	3.88	1.41	0.73	1.68	3.50	0.78	0.66	1.88	3.26	1.19	1.17	1.56	2.52	0.94	0.65
1985	1.71	2.40	1.09	1.07	1.08	2.09	0.52	0.52	1.80	2.61	1.38	1.14	0.98	1.63	0.48	0.47

### 3. 污染区的比较

据国外研究报道<sup>[4]</sup>植物叶片从大气中吸收 SO<sub>2</sub> 后，一般均以水溶性无机盐形式存在于叶片组织中，因此我们根据水溶性硫的污染指数即 IPC 来划分茂名市的大气 SO<sub>2</sub> 污染区，先用公式  $IPC = \frac{C_m}{C_k}$  计算出植物的污染指数（式中 C<sub>m</sub> 代表污染区植物的含硫量；C<sub>k</sub> 代表对照区植物的含硫量），再根据 IPC 和植物受害程度，参考大气 SO<sub>2</sub> 监测浓度，将茂名市划分为三个 SO<sub>2</sub> 污染区，其划分标准如下：

**I 重度污染区：** 两种植物的水溶性硫 IPC > 3.00，植物受害症状严重。

**II 中度污染区：** 两种植物的水溶性硫 IPC 为 2.00—3.00，植物中度受害。

**III 轻度污染区：** 两种植物的水溶性硫 IPC < 2.00，植物生长正常或有轻度受害。

根据上述标准绘制出的 1980 年与 1985 年污染区如图 2、3。从两个图及表 5 的比较看出，各污染区的范围已发生了明显的变化：

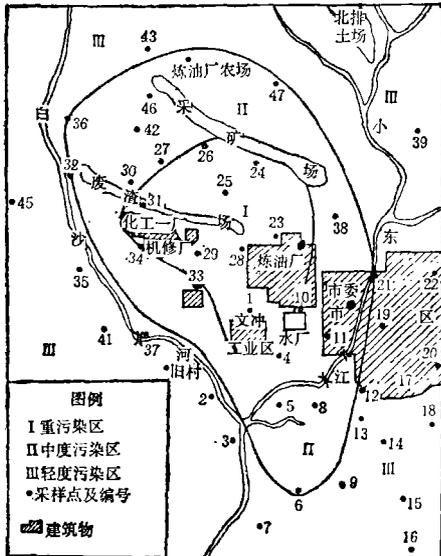


图 2 1980 年茂名市大气 SO<sub>2</sub> 污染分区示意图

**I 重度污染区：** 1980 年有九个点，而 1985 年，只有化工一厂北面的十万七小学及

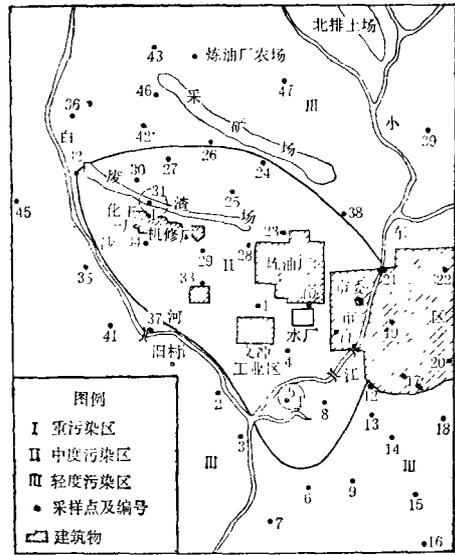


图 3 1985 年茂名市大气 SO<sub>2</sub> 污染分区示意图

炼油厂 60m 烟囱排放的着落点品成两个点仍保持原来重污染的水平，其余各点均已下降为中度污染。

**II 中度污染区：** 1980 年主要分布在重污染区的周围，1985 年则包括了原来大部分属重污染区的点及该市南半部属中度污染区的点；该市北半部原来属中度污染区的点已下降为轻度污染的范围。

**III 轻度污染区：** 1985 年的范围在原来的基础上，又增加了该市北半部原属中度污染的一些点。

以上变化说明茂名市 1985 年 SO<sub>2</sub> 的污染较 1980 年已大为减轻，重污染区已降为中度污染区，而中度污染区已有部分降为轻度污染区，轻度污染区则有所扩大。

根据 1980 年茂名市工业污染物排放标准制定办公室对污染源的调查结果，该市的 SO<sub>2</sub> 污染源主要集中在炼油厂、文冲口片和公馆片三个工业处，而炼油厂又是该市最大

\* R. Guderion, 江苏植物研究所译，植物与大气污染译文集，42—43，1976。

T. W. Barrett, 江苏植物研究所译，植物与大气污染译文集，8—12，1976。

表 5 1980 年与 1985 年茂名市各采样点植物含硫量、IPC 及污染级别比较表

项 目 样 点 号 地 名 年 份		水 溶 性 硫				植物受害程度**		污染级别	
		含 量 (g/kg)		IPC		1980	1985	1980	1985
		1980	1985	1980	1985				
No. 1	化工二厂	2.07	1.25	3.16	2.52	+++	+++	I	II
23	变 电 站	2.34	1.05	3.58	2.35	+++	+++	I	II
24	参 观 台	2.03	1.04	3.10	2.08	+++	+++	I	II
25	华德岭小学	2.21	1.26	3.37	2.55	+++	+++	I	II
26	洞 心 墩	1.98	0.73	3.02	1.49	++	++	I	III
28	高 架 桥	2.38	1.12	3.63	2.29	+++	+++	I	II
29	油厂总库	2.53	1.17	3.85	2.39	+++	+++	I	II
31	十万七小学	1.92	1.57	2.93	3.20	+++	+++	I	I
34	化工一厂宿舍	1.99	1.04	3.04	2.12	+++	+++	I	If
4	电 镀 厂	1.78	0.83	2.71	1.70	+++	+++	II	II
5	品 成	1.95	1.53	2.97	3.04	+++	+++	II	I
6	黄竹小学	1.35	0.71	2.05	1.45	+	++	II	III
8	文 秀		1.12		2.30		++	II	II
10	市 水 厂	1.72	1.20	2.63	2.47	+++	+++	II	II
11	市 二 中		1.04		2.11		++	II	II
21*	公司俱乐部	1.32	1.22	2.01	2.35	+	++	II	II
30	坡 脊 岭	1.72	1.24	2.63	2.48	+	++	II	II
32	河之口车站	1.70	0.97	2.59	1.95	++	+++	II	II
33	大 山 岭	1.34	1.47	2.05	2.96	+++	+++	II	II
36	车 田 坡	1.68	0.71	2.56	1.43	++	++	II	III
38	大 塘	1.34	0.94	2.04	1.87	○	++	II	III
46	上 洞		0.61		1.25		++	II	III
47	牙 象		0.56		1.13		++	II	III
7	白 沙		0.65		1.30		++	III	III
12	高山大队	1.11	0.94	1.70	1.91	○	++	III	III
14	计 星 台	1.16	0.71	1.77	1.46	○	++	III	III
16	铜鼓岭渡槽	0.98	0.90	1.49	1.80	○	++	III	III
17	油 麻 坡	1.16	0.65	1.78	1.33	○	+	III	III
19	监 测 站	1.11	1.19	1.68	2.36	○	+	III	II
20	市一中农场	1.01	0.77	1.55	1.57	○	+	III	III
35	大 埠 口	1.24	0.93	1.90	1.85	+	++	III	III
37	山 车 桥	0.99	0.94	1.51	1.91	○	+	III	III
39	新 圩	1.75	0.70	2.69	1.00	++	++	III	III
40	金 塘	1.39	0.71	2.12	1.43	+	++	III	III
45	水 流 洞		1.16		2.31	+	++	III	III

\* 1985 年为木麻黄含量

\*\* ○ 无可见伤害, + 轻度, ++ 中度, +++ 严重。

(下转第62页)

表 5 南排污河各排污系统削减量指标 (t/a)

排污系统	Zn		Cd		Cu	
	污灌 50 年	污灌 100 年	污灌 50 年	污灌 100 年	污灌 50 年	污灌 100 年
咸阳路	不需削减	2.18	1.973	2.136	不需削减	11
纪庄子	不需削减	不需削减	不需削减	不需削减	不需削减	不需削减
双 林	220.97	248.15	0.434	0.513	不需削减	不需削减
合 计	不需削减	69.42	1.573	2.080	不需削减	不需削减

参 考 文 献

[1] 薛纪俞等,环境容量初探,环境地球化学进展,夏增禄主编,97-102页,海洋出版社,1986.  
 [2] 杨居荣等,环境科学学报,4(2),142(1984).  
 [3] 夏增禄,环境科学,6(1),56(1985).

• 环境信息 •

利用溶剂提取和阳极解吸伏安法快速测定自然水样中的超微量镉

本方法建立在二次溶剂提取和阳极解吸伏安测量基础上,把待测元素(镉)以二硫代氨基甲酸酯的形式浓集到氟利昂中,然后用酸性液体介质反向提取,最后用阳极解吸伏安法测定。对于自然水样中超微量镉的测定,预浓集可大大缩短阳极解吸伏安法测定过程中的电镀时间,与常规伏安法相比,整个分析过程至少缩短2小时。采用添加法和直接校准可测定自然水样中 $\geq 0.1 \mu\text{g/L}$ 的镉,其可靠检测下

限为 $0.025 \mu\text{g/L}$ 。就 $\geq 0.1 \mu\text{g/L}$ 镉的测定而言,该方法能显示出相对标准差为2-4%的重现性。经国家标准局标准参考水(NBSSRW)和地方海水检验评价,该方法适合于天然咸水和非咸水中超微量镉的测定。

吴元喜 张根寿摘译自 *Analyst*,  
 112(3), (1987).

(上接第29页)

的污染排放源。据统计该厂1980年SO<sub>2</sub>排放量占全市总排放量40%左右,1983年已降为28%左右。又根据受该厂废气排放影响的八个样点(23, 28, 10, 1, 4, 25, 29, 38)两次测定的植物叶片总硫和水溶性硫含量差异显著性检验结果,总硫的t值为3.49,水溶性硫的t值为7.74, p值都小于0.01,1985年较1980年有明显的降低。这与大气SO<sub>2</sub>监测结果相符,厂周围的四个点的大气SO<sub>2</sub>浓度1985年较1980年有显著的降低(见表2)。

定后,SO<sub>2</sub>污染状况已有了明显的改善,特别是炼油厂周围,从植物受害症状表现及叶片含硫量降低证明,SO<sub>2</sub>已不是该市主要的大气污染物。这与该市大气SO<sub>2</sub>浓度自1980年以来有显著降低是一致的。

参 考 文 献

[1] 郁梦德,植物生理学通讯,(3)49-51,(1980).  
 [2] Ferry, B.W., et al., *Air pollution and health*, pp. 192-223, Athlone Press, London, 1973.  
 [3] 放惠修等,生态科学,(1),72-77(1981).  
 [4] L.de Cormis, 姜恩译,植物生态学译丛,第二集,20-32,科学出版社,1975.  
 [5] 郁梦德,中国环境科学,2(4),42-46,(1981).

综上所述,该市自从污染物排放标准制