

调查与评价

上海市 14 个氟污染源的环境质量评价及其控制途径

朱文江 张永明 潘良言

(上海农学院, 上海 201101)

摘要 通过对上海市 14 个主要氟污染源周围的大气、河水、土壤和植物含氟量的监测, 用序列综合法计算出合理的权值, 再根据一定的指数范围进行质量分级, 然后用环境质量综合评价图比较出各氟污染源对周围环境的影响程度。证明生产氟里昂的化工厂污染最严重, 钢铁厂和瓷釉厂次之, 玻璃厂更次之, 磷肥厂最轻; 砖瓦厂则因厂而异, 有的轻微, 有的严重。各类氟污染源的控制途径需因地制宜, 大致可分为搬迁、治理、转产、改革工艺、改善农业布局 and 加强环境管理等几个方面。

关键词 氟污染, 环境质量评价, 控制。

上海的排氟工厂种类繁多, 工艺复杂。为了了解各类氟污染源对周围环境污染程度的差异, 选择了 14 个重要的排氟工厂进行环境监测和环境质量评价, 以便为摸清上海市的氟污染现状和保护农业生产的安全提供一些有效的控制途径。

一、评价的原则和方法

(一) 评价对象的选择

为使评价的对象能代表上海市氟污染源的各个主要工业部门, 在 14 个排氟工厂中, 包括 2 个生产氟里昂的化工厂、1 个钢铁厂、1 个生产搪瓷用的瓷釉厂、3 个玻璃厂、3 个磷肥厂和 4 个砖瓦厂。这些厂分别属于化工、冶金、轻工和建材等 4 个最重要的排氟工业部门, 由此可抓住上海市工业氟污染的主要矛盾。

(二) 评价的参数和采样方法

这次评价的主要目的是为了减轻氟污染对农业的危害, 因此在生态环境中选择了大气、河水、植物和土壤 4 项因子的实测数据作为基本参数。采样时, 根据当时的主导风向, 在工厂的下风方向约 1000m 左右的距离内, 选择 3—5 个不同远近的采样点共 57 个, 同步采集各类样品。大气用碱性滤纸法采样^[1]; 河水取水面下 10cm 处的水样; 植物以青菜(茎、叶)为代表, 在没有青菜的地区则以悬铃木或香樟的叶片代替; 土壤采集 0—15cm 和 15—30cm 两层土样, 分别用碱熔法^[2]处理, 分析后再取其平均值。测定方法均为氟离子选择性电极法^[3,4]。测定方法的回收率和变异系数都基本符合环境监测的要求^[5]。

(三) 评价标准的选择

大气含氟量选用 GB 9137—88《保护农作物的大气污染物浓度限值》中的 $1\mu\text{g}/\text{dm}^3 \cdot \text{d}$ 为评价标准; 河水

选用《地面水中有害物质的最高允许浓度》中的 $1\text{mg}/\text{L}$ 为评价标准; 青菜采用《食品中氟允许量标准》中的 $1\text{mg}/\text{kg}$ 为评价标准, 悬铃木和香樟的含氟量则以上海动物园中的清洁区为对照; 土壤以上海市土壤含氟量的背景值 $537\text{mg}/\text{kg}$ ^[6] 为评价标准。

(四) 评价指数和权值的计算

评价指数系统是采用加权求和的方法建立, 其公式如下:

$$P = \sum_{i=1}^4 w_i \frac{c_i}{S_i} \quad \sum_{i=1}^4 w_i = 1$$

P ——评价质量指数; w_i ——评价参数 i 的权值; c_i ——评价参数 i 的实测浓度; S_i ——评价参数 i 的评价标准; 4——评价参数的个数。

权值的确定是用序列综合法^[7], 以求尽量减少因主观判断而产生的误差。其步骤是: 首先选出能判别各评价参数对环境质量影响程度的对比因子; 其次按对比因子影响环境质量的程度大小, 排成序列; 最后综合各评价参数的对比因子序列值, 计算其权值。

根据各排氟工厂对环境影响的广度和深度, 选出氟污染物的最高超标值、取样点超标率和平均超标值等 3 个对比因子作为权值计算的依据, 计算结果如表 1。

通过序列综合法的计算, 表明大气所占的权值最大, 其次为植物, 最小的是河水与土壤。这与各排氟工厂常以气态氟为主要排放方式是一致的。植物茎、叶的含氟量主要来自大气中的氟污染物^[8], 所以它的权值与大气比较接近。从保护人体健康的角度来看, 大气和植物(蔬菜)都是直接进入人体的环境要素, 在生态学中是属于生存因子, 其权值理应大一些。上海各

表 1 序列综合法计算各环境参数的数值

评价参数	对 比 因 子						序列综合	权 值
	最高超标值		↑ 取样点超标率		平均超标值			
	统计值	序 列	统计值	序 列	统计值	序 列		
大气	62.1	4	93.0	4	9.69	3	11	0.36
河水	21.0	2	44.4	1	3.17	2	5	0.17
植物	45.1	3	71.2	2	11.96	4	9	0.30
土壤	3.73	1	72.1	3	1.58	1	5	0.17
总 计							30	1.00

排氟工厂附近的居民都不饮用河水，河水与土壤都是间接的环境因子，在生态学中是属于生态因子，所以其权值小一些也是合理的。

(五) 环境要素的质量分级

质量分级是根据一定的指标对计算所得的指数范围进行客观的分段。环境质量的好坏主要是依据氟污染对生态的影响，尤其是对人和动、植物健康的影响程度，结合污染物浓度的超标情况，再综合性地划分为几个代表不同质量单元的级别。

1. 氟污染的浓度分级

大气和地面水的浓度分级是参照国环办暂拟的《大气监测评价方法》和《水质监测评价方法》中的分级标准。土壤和植物是结合污染物的超标情况与国内标准分级的经验来确定其级别(表 2)。

表 2 氟污染的浓度分级

环境要素	未污染	轻污染	中污染	重污染
大气 ($\mu\text{g}/\text{dm}^2 \cdot \text{d}$)	≤ 1	≤ 2	≤ 10	> 10
河水 (mg/L)	≤ 1	≤ 3	≤ 5	> 5
植物 (mg/kg)	≤ 1	≤ 3	≤ 10	> 10
土壤 (mg/kg)	≤ 537	≤ 1000	≤ 1500	> 1500

2. 环境要素的质量分级

环境要素的质量分级是在污染物浓度分级的基础

上进行的。先将各环境要素的浓度分级标准除以评价标准，再乘以权值，即得出质量分级(处理值)的标准；最后将处理后的数值相加综合，求出氟环境质量的综合分级标准(表 3)。

二、环境质量的评价结果

(一) 各环境要素的环境质量评价

环境质量分指数的计算式是： $P_i = \frac{c_i}{S_i}$

式中的 P_i 为 i 环境要素的环境质量分指数， c 为实测值， S 为标准值。经过计算和按浓度分级标准(见表 2)归类，画出各排氟工厂的单要素环境质量评价图。

1. 大气氟污染的环境质量

经监测证明，各厂对其附近的大气都有不同程度的污染(见图 1)。一般规律是离厂越近；污染越重，其中以 2 个化工厂为最严重，因氟化氢是生产氟里昂的中间产品，但其尾气常难以完全利用，再加跑、冒、滴、漏不能彻底杜绝，所以常发生污染事故。

2. 植物氟污染的环境质量

植物在呼吸时可大量吸收大气中的氟化物，因此其含氟量常随大气氟浓度的变化而变化，两者之间呈显著相关($r = 0.9559$)^[9]。凡是大气氟污染严重的工厂附近，其植物的含氟量都很高(图 2)。个别化工

表 3 氟污染的环境要素质量综合分级标准

环境要素	评价标准	权值	分级标准(处理值)			
			未污染	轻污染	中污染	重污染
大气	$1 \mu\text{g}/\text{dm}^2 \cdot \text{d}$	0.36	≤ 0.36	≤ 0.72	≤ 3.60	> 3.60
河水	$1 \text{ mg}/\text{L}$	0.17	≤ 0.17	≤ 0.51	≤ 0.85	> 0.85
植物	$1 \text{ mg}/\text{kg}$	0.30	≤ 0.30	≤ 0.90	≤ 3.0	> 3.0
土壤	$537 \text{ mg}/\text{kg}$	0.17	≤ 0.17	≤ 0.32	≤ 0.48	> 0.48
合 计			≤ 1.0	≤ 2.45	≤ 7.93	> 7.93
环境质量的综合分级标准			≤ 1.0	≤ 2.5	≤ 7.9	> 7.9

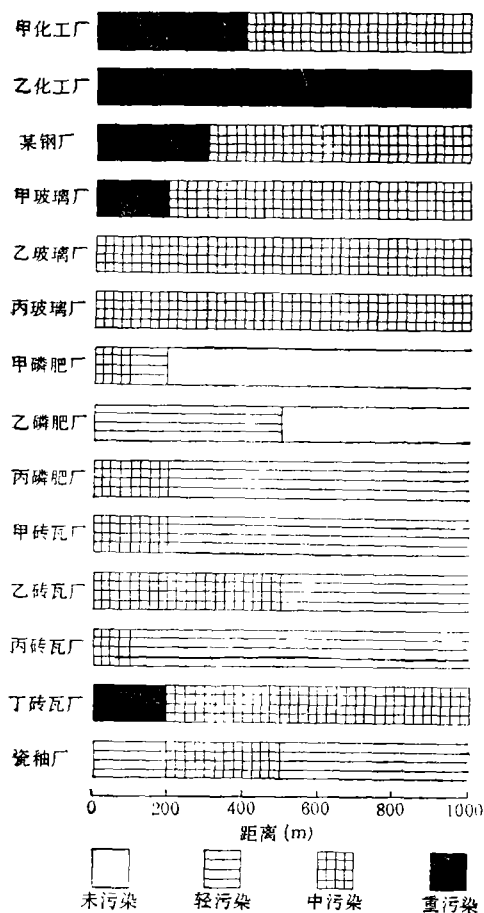


图 1 大气氟污染的环境质量评价图

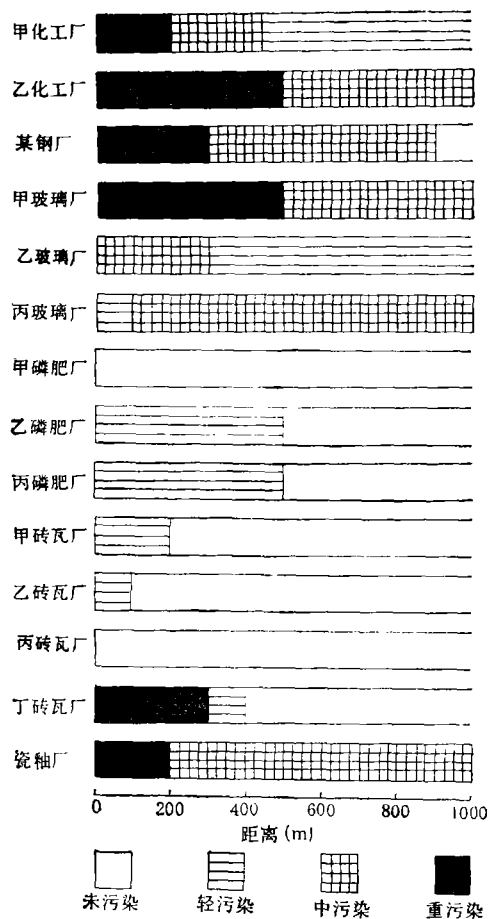


图 2 植物氟污染的环境质量评价图

厂附近种植的青菜含氟量最高达 $53.9 \text{ mg/kg}^{[1]}$, 超过食品卫生标准 (1 mg/kg) 达 53 倍。因此从保护人体健康的角度来讲, 排氟工厂附近不宜种食用作物, 尤其是不能种植吸氟力强的叶类蔬菜。

3. 河水氟污染的环境质量

上海的含氟废水只有少数工厂用石灰石或电石渣中和、沉淀后排放, 但处理后的污水仍很难达到工业废水的排放标准 (10 mg/L), 大部分排氟工厂的废水都直接排入江河或下水道, 因此都要交纳含氟废水的排污费。由于上海的河流每天都有二次潮汐活动, 再加天然河水的含氟量又偏低 (0.4 mg/L 左右), 其稀释和自净作用较强, 所以河水的氟污染要比大气轻得多。至于其中的丙磷肥厂水污染较重的原因是与其回收氟化物的设备没有正常运转有关 (图 3)。

4. 土壤氟污染的环境质量

据调查, 上海土壤的氟污染主要是受含氟废气的影响 (两者之间的相关系数是 0.9155 , 也达显著相关程度)^[1], 而不是来自含氟污水的灌溉 (上海排氟工厂

附近的农田常用自来水灌溉)。由于土壤本身的含氟量相当高, 一般均在 500 mg/kg 左右, 再加土壤的环境容量又极大, 所以土壤环境质量的变化相对来说要比大气和植物小 (图 4)。

(二) 4 个环境要素的综合质量评价

各监测点的环境质量综合指数的计算式是:

$$P_{\text{综}} = 0.36 \cdot \left(\frac{c_{\text{气}}}{S_{\text{气}}} \right) + 0.17 \cdot \left(\frac{c_{\text{水}}}{S_{\text{水}}} \right) + 0.30 \cdot \left(\frac{c_{\text{植}}}{S_{\text{植}}} \right) + 0.17 \cdot \left(\frac{c_{\text{土}}}{S_{\text{土}}} \right)$$

$P_{\text{综}}$ 为某监测点的氟污染综合指数, 各常数 c 为权值, c 为实测值, S 为标准值。依此计算出 14 个工厂共 57 个监测点的环境质量综合指数, 再根据质量综合分级标准 (见表 3) 进行分级, 然后绘出各厂的环境质量综合评价图 (图 5)。

三、氟污染的控制途径

(一) 合理布局, 搬迁部分排氟工厂至郊区, 开辟

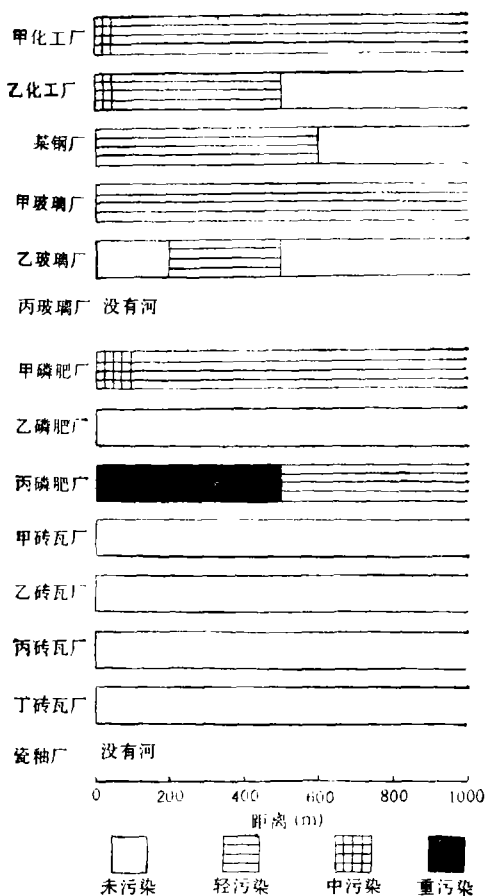


图3 河水氟污染的环境质量评价图

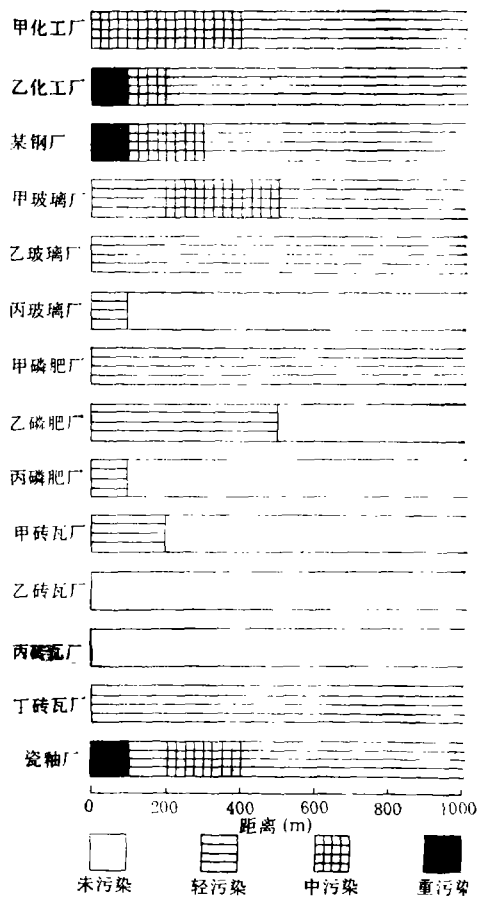


图4 土壤氟污染的环境质量评价图

新的化工区。

根据上海市总体规划的原则,市区内不准有剧毒污染物的排放单位。但由于市区范围的逐年扩大,当初建于近郊的一些排氟工厂(如瓷釉厂和乙化工厂)现在都已扩展为市区,工厂附近的人口和建筑物大增,有的工厂在添置环保设备时,竟然找不到合适的安装地点,为治理工作带来难以克服的困难。像这类污染源应该尽快搬出市区,迁至新的化工区进行集中治理,但这需国家在财政上给与大力资助才行。

(二) 积极治理、变废为宝,加强对高温含氟废气的净化技术研究。

上海的各磷肥厂在建厂初期,由于没有相应的环保装置,因此经常发生污染事故,厂群关系紧张。后来增设了吸收室、喷射塔等回收设备和升高烟囱高度后,不仅消除了污染事故,而且还生产出大量的氟化钠和氟硅酸钠等副产品。既改善了环境,又取得了良好的经济效益。

瓷釉和玻璃等工厂的含氟废气,由于烟气的温度

很高或含氟的浓度偏低等原因,回收或净化尚有一定困难,目前都用烟囱排放。有的工厂也曾试用湿法净化高温含氟废气,但因净化设备的材质不耐高温和腐蚀而失败。所以科技部门尚需对这个问题作进一步的研究。

(三) 改变产品结构,转产低氟或无氟污染的新产品。

砖瓦厂应尽量减少实心砖的生产比重(目前实心砖约占各类砖的80%,而在美国仅占20%),扩大空心砖、水泥预制板和砌块等新型建筑材料的生产比例。这样不仅可以减少砖坯氟的排放量,而且对保护耕地面积也具有重大的生态意义。另外,自从砖窑推广烟气余热回收之后,因不再使用烟囱排气而造成氟污染事故迭起,这也是生产中的新问题,需要建材工业的科研部门加以妥善解决。

(四) 改革工艺,尽量减少萤石的消耗。

上海每年约需消耗萤石15万吨,其中12.5万吨用于冶金工业,主要用于化铁炉的助熔和造渣。由于

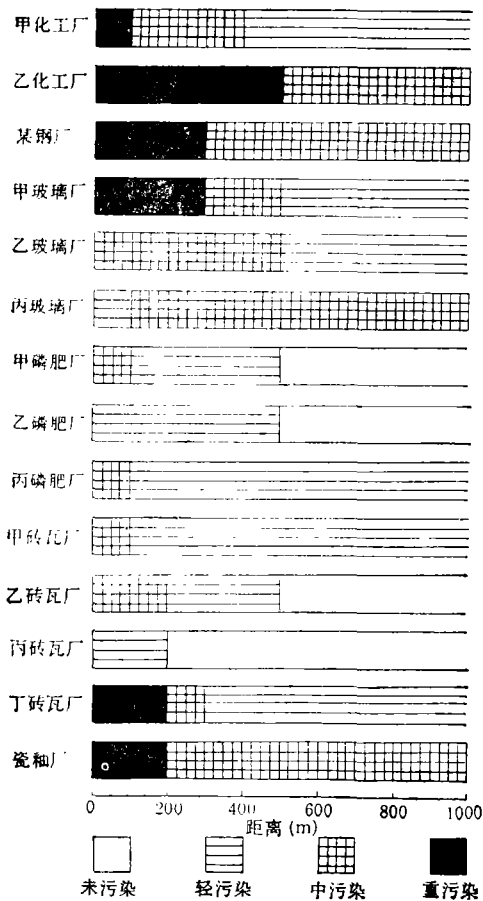


图5 环境要素的综合质量评价图

历史上的原因,上海各钢厂所用的生铁块大都需从外地运来,在两次化铁时消耗大量的萤石和能源,再加工工艺落后,设备陈旧(如土法烧结炉至今仍在沿用),造成有些钢厂附近的污染十分严重。国外一些先进的钢铁企业采用中性或酸性化铁炉化铁,已很少使用萤石作助熔剂。上海有的钢铁厂则改用中频电炉化铁,也不再使用萤石。新建的宝山钢铁厂把炼铁和炼钢实行连续作业,不用化铁炉,这样既节约能源,又避免了氟污染。这些都是减轻和控制氟污染的成功经验,值得推广。

(五) 改善作物配置,加强绿化工作。

如将开花期对氟敏感的水稻改种为其他抗氟性较强的经济作物(如棉、麻等),损失就可以大大减少。但

自从土地联产承包到户之后,每户的耕地面积有限,调节作物布局的机动余地很小,必须由主管农业的政府部门加以统一调配,才可使排氟工厂附近的作物得以合理的配置。

各种园林植物几乎都有不同程度的吸收和净化含氟废气的的能力。如甲玻璃厂的污染程度在综合质量评价(见图5)中并不算轻,但由于其厂外是一个树木众多的公园,其污染的影响就明显减小。而化工厂和瓷釉厂的污染之所以严重,在一定程度上是与这些厂附近几乎没有树木有关。因此大力加强绿化工作,扩大绿地面积,选种抗氟和吸氟力均较强的树种(如桑、杨、榆和悬铃木等),对改善各排氟工厂附近的环境和保护人体健康都有一定好处。

(六) 加强环境管理,定期监测各氟污染源对环境的影响。

氟化物是一种可以在环境中不断积累和转移的有毒污染物。有的排氟工厂在建厂初期未发现对人体有什么影响,但以后随着投产年限的延伸,逐渐发现氟斑牙发生率增加^[1],继而又发现氟骨症患者。这些都是难以康复的公害病,因此必须定期检查和监测各污染源对环境 and 人体健康的影响,及时消除各种隐患,力求做到防患于未然。

另外,我国现行的《工业“三废”排放试行标准(GB J4-73)》中规定,化工企业的烟囱高30m时,其氟化物的排放标准为1.8kg/h。据环保部门监测各排氟工厂的管道烟气排放量,绝大部分都没有超过这个标准,因此都不需缴纳含氟废气的排污费,同时也不需安装相应的治理设备。但据环境监测证明,各厂周围环境都已受到了不同程度的污染。说明上述标准中有关氟化物排放量的部分是订得过于宽松,应该予以修正,以发挥环境标准在管理工作中的应有作用。

参 考 文 献

- 1 吴方正等. 中国环境科学. 1984, 4(4): 19
- 2 城建部环保局. 环境监测分析方法. 北京: 中国环境科学出版社, 1983: 102-103
- 3 吴方正等. 蚕桑通报. 1982, (4): 16
- 4 舒金华. 环境科学. 1980, 1(4): 24
- 5 朱文江等. 中国环境科学. 1990, 10(5): 393
- 6 汪雅谷等. 中国环境科学. 1983, 3(3): 23
- 7 酆桂芬. 环境质量评价. 北京: 中国环境科学出版社, 1989: 40
- 8 朱文江等. 环境科学学报. 1989, 9(1): 105
- 9 朱文江等. 上海环境科学. 1989, 8(7): 38
- 10 朱文江等. 上海农学院学报. 1989, 7(4): 279

(上接第44页)

4. 从以上分析可知,如进一步降低废水的 COD_{Cr} ,还须对 $\text{MW} < 3000$ 的小分子物质

考虑絮凝处理方法以外的方法。

致谢 本文经张珂教授审阅,谨表感谢。

or maceration was obviously higher than that of the cells treated with control soil ($F > F_{0.01}$, $P < 0.01$). The results show the pollution of the land in the suburbs of the two cities.

Key words: micronucleus test, *vicia faba* cell, soil pollution.

Pragmatized Statistics for Data Processing in Radioactivity Measurement of Environmental Samples. Han Shouling (Liaoning Institute of Labour and Hygiene, Shenyang.): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(3), 1992, pp. 77—80

Comprehensive discussions and analysis were performed on the processing of data from the determination of the content of radioactive nuclei in environmental samples, including the judgement of experimental results, detection limit, treatment of the data for samples with extremely low levels of radioactivity and the uncertainty of the measurement results. Taking the new theories for data treatment and analysis into consideration, the paper proposed several functional data processing approaches.

Key words: radioactivity determination, statistical analysis.

Environmental Quality Assessment and Countermeasures for Pollution Control, Fluorine Pollution Sources in Shanghai Zhu Wenjiang, Zhang Yongming, Pan Liangyin (Shanghai Agricultural College, Shanghai): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(3), 1992, pp. 81—85

Fluorine contents of atmosphere, river water, soil, and plants were surveyed in the surrounding areas of fourteen major fluorine pollution sources in Shanghai. All the data obtained from the survey were treated with statistical method, the reasonable weighted values calculated based on the serial complex method, and the environmental quality was classified according to the index range. By using the figure of comprehensive assessment of environmental quality, the extent of influence of each major pollution source on its surrounding area were evaluated. The results show that the sequence of the extent of pollution of the sources are freon-producing chemical works, iron and steel works and enamelware factory, glass factory, and phosphorus fertilizer works with the last one having mildest environmental impacts. As for the brick and tile factories, some had severe and some had mild influence on their surrounding environment. Therefore, the countermeasures for pollution control for each pollution

source should be varied according to its own pollution conditions. These counter measures include moving the factory away, stopping the manufacture of old product, reducing the amount of pollutants, reforming production processes, enforcing environmental management, and improving the distribution of agriculture.

Key words: fluorine Pollution, environmental quality assessment, environmental quality control.

Analysis of Factors Affecting Background Values of Hg in soils of Dalian. Wang Xin (Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(3), 1992, pp. 86—88

The paper mainly discusses different environmental factors, such as soil type, parent rocks, texture, organic matter, land-use types and landform, which affect background values of mercury in soils of Dalian. Through calculation of variable coefficient of each environmental factor, it was found that the background values of Hg in soils are mainly affected by land-use type and parent rock. The natural background values of Hg in soils of Dalian was also obtained. The background values of Hg in soils of Dalian are higher than those in Liaohe River Plain because of different parent rocks and industrial or agricultural activities.

Key words: background values in soil, Hg, Dalian.

A Study on Manufacturing Manure with Fine Coal Ash in Power Station. Cheng Shuiyuan, Bai Tianxiong, Sun Yusheng (Department of Environmental Engineering, Hebei Institute of Chemical Technology and Light Industry, Shijiazhuang), Zhao Ying (Electricity and Trial Institute of Hebei Province): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(3), 1992, pp. 89—90

A feasibility study on manure manufacturing with fine coal ash was performed. After the apatite fluxing agent and additives were mixed with fine coal ash in appropriate proportion and melted, non-dissoluble components in the mixture were changed into dissoluble elements which could be absorbed by plants. The formulation of materials and technological conditions were screened through hundreds of fusion experiments and the optimal burden parameters and technological conditions were obtained. The content of the fine coal ash in the studied manure could reach to 40%. The manure has the function of compound manure and therefore has good effect on plant growth.

Key words: fine coal ash, manure, fusion, apatite.

(上接第 93 页)

图。在该图中,关键是有有一个得力的执法部门按照总量控制实施流程行使监督和管理权力,并能作到秉公

执法。在我国,这样的行政管理机构就是各级环境保护局。