

北京燕山石油化工区环境影响研究简述*

孙 连 超 执 笔

(中国科学院环境化学研究所)

北京燕山石油化工公司(以下简称为燕化公司)是一个大型石油化工联合企业,位于北京西南郊邻近房山县的燕山区境内,占地面积为 36 km²。

该公司始建于 1967 年,先后由石油部建成东方红炼油厂,化工部建成东风化工厂和胜利化工厂,轻工部建成曙光化工厂,北京市建成向阳化工厂等。由于建设前没有统一规划,各厂的生产区和生活区交替建设,形成功能混杂、犬牙交错的局面。该公司西北部地处山区,地形复杂,不利于排气扩散。这种不合理的总体布局成为该地区最大的环境问题和潜在威胁。

由于该地区生产装置和人口密集,污染物排放量大而地理条件不利,为了弄清该地区环境污染状况,抓住造成污染的重点问题和关键环节,提出适宜的对策使环境质量得到改善,中国科学院组织多单位开展大型综合性环境影响研究。研究工作开始于 1983 年 7 月,完成于 1985 年 6 月,历时两年。提交的最终报告有总报告——《燕山石油化工地区环境影响分析评价报告》和各专题报告共十六册。本文仅从总体角度作一综合性的概略介绍。

一、研究体系和程序

燕化地区环境影响研究是一个大型多学科综合性项目,建立研究体系和系统十分重要,这是整体工作的基础并影响全局。根据层次分析法的原理,我们对环境影响过程作一剖析,按其内部结构而分解为污染发生源、

环境介质和污染受体三个系统,构成综合研究的第一个层次。将各系统所包含的要素列出清单,从而建立了各系统的结构。由污染源释放出各种形态的污染物有废气、废水、废渣、恶臭、噪声等;环境介质中的构成要素有大气、水体、土壤和物理环境等;污染受体包括有植物、动物、人群等。这些要素构成体系的第二个层次。在第二层次下每个要素又包括若干因子,如大气中选取 NO_x、SO₂、CO、TSP、HC、苯、甲苯、BaP 等。水环境中选取的评价因子为油、S、BOD、COD、氨氮、SS 等。这些因子构成体系中的第三个层次。

对污染发生源、环境介质和污染受体三系统分别用工程分析、环境分析和受体分析来展开工作。工程分析侧重计算排放因子和等标排放量;环境分析计算评价因子的比值、污染指数和加权综合评价值;受体分析以定性描述为主并就受体敏感度、受害程度和数量作调查。

在三系统分别分析研究的基础上进而进行环境综合评价和环境特征分析,获得最终评价结果。工作程序(见图 1)不只是过程的说明,而且成为协调工作、指引进程、把握全面、保证成果的有效手段,是总体方案设计的重要内容。

* 参加本项研究工作的单位有:中国科学院环境化学研究所、大气物理研究所、林业土壤研究所、声学研究所、动物研究所、生物物理研究所、感光研究所、北京市环境保护科学研究所、中国预防医学中心卫生研究所、北京市自来水公司以及燕山石油化工公司环境保护处、环境监测站、职业病防治所等。

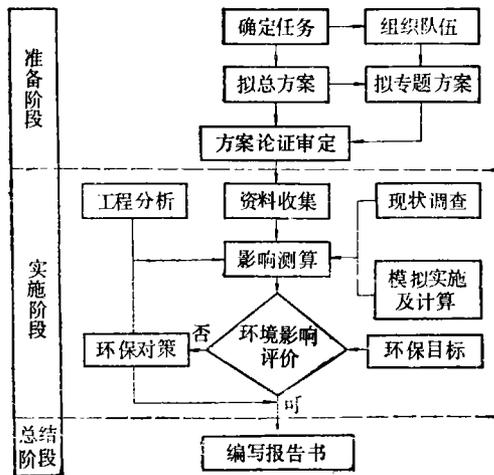


图 1 程序示意图

二、污染因素分析

本研究首先对全公司生产装置所存在的污染因素进行详细的分析, 获得全面了解。

(一) 废气排放

燕化公司废气排放源可归纳为 5 类——锅炉、加热炉、焚烧炉、火炬和工艺废气, 共计 86 处。此外, 还对贮罐呼吸排放, 装车释放, 沟槽、池逸散、交通车辆排放和居民炉灶燃烧排放均作了调查。为了了解烟气中颗粒物的粒径分布, 专门进行了分级采样测定。对各厂和各类污染物按排放量大小排列顺序, 以 $500 \times 500 \text{ m}^2$ 划分网格并给出数据。

(二) 废水排放

为了弄清本区废水排放而对本区给水系统、循环水系统和排水系统都作了调查分析并给出了给排水网络图。排水中污染物量的统计见表 1。

由表 1 可知本区主要废水排放源是向阳污水处理场, 主要污染物是酚、油等。

(三) 废渣排放

全区废渣排放点 49 个, 总排放量 $1 \times 10^{-4} \text{ t/a}$ 。主要种类有工业废渣、污水处理废渣及生活垃圾。

废渣的回收利用情况较好。贵金属催化

剂已回收利用; 含酚碱渣经脱酚处理; 丙烯齐聚物由乡镇企业用作原料; 含油污泥和废白土被农民用作燃料; 含砷废渣未处理定点堆放, 铝渣也未能利用。

表 1 废水中主要污染物排放量

污 染 物	排放量 (t/a)	比标量	百分比
油	411.6	4.12×10^7	28.22
硫	1.41	1.41×10^6	0.96
酚	22.54	451×10^7	30.89
SS	2877	5.75×10^6	3.94
苯	26.83	5.94×10^6	6.12

(四) 恶臭调查

经调查全区有 10 个化工装置及 4 个处理设施渗漏和释放恶臭, 对这 14 个恶臭源的臭味类型、强度和影响范围都一一作了调查和比较。

(五) 事故分析

对 1972—1984 年发生的事故进行分析见表 2。

表 2 事故分析

种类	比例(%)	原因	比例(%)
火 灾	29	操作失误	61
跑 料	27	管理不善	16
爆 炸	14	施工隐患	11
设备故障	15	制造隐患	8
动力事故	12	自然灾害	2
其 它	3	其 它	2

(六) 航空遥感片分析

为丰富本项研究的方法和手段, 用燕化地区的 1985 年最新航空遥感片进行有关污染源判别和土地利用分析, 获得了丰富的信息资料。据航片测算, 本区工厂用地大小 66 块, 7.22 km^2 , 公用建筑用地 13 块 0.61 km^2 , 住宅用地 21 块 2.81 km^2 , 绿化用地 40 块 1.23 km^2 , 空闲地 24 块 1.01 km^2 , 天然与人工水域总面积仅有 0.04 km^2 。铁路和公路分别为 33.2 km 和 40.5 km , 垃圾堆放地 36 处

1.02 km², 航片显示大小贮罐 457 个.

三、环境要素分析

燕化公司建成投产已十余年, 我们在评价中一方面利用多年积累的大量数据资料, 另一方面又组织各单位的技术力量和实验装备进行了大量的现场调查、监测和实验研究, 充实和发展了研究的内容和方法.

(一) 大气污染物的输送和扩散

1. 二元示踪实验

燕化公司位于西北—东南走向的山谷内, 此山谷又可粗略分为三个小山谷, 七个生产厂分布在三个山谷中. 由于山脊高度不过百米左右, 各厂排入大气的污染物有可能相互影响. 气流过山过程中的大气扩散规律国内未曾研究过, 在国外也开始不久. 为建立多山谷的大气扩散模式, 掌握该地区大气污染物输送和扩散规律, 本课题进行了二元示踪实验.

在三个山谷各选一个释放点, 示踪气体为 SF₆ 和 CF₃Br, 用连续检监仪、自动采样仪和针筒取样三种办法采样, 进行了 10 次实验.

2. 输送规律

根据测风资料计算了 3 个释放点排放气体的水平轨迹, 配合检测的示踪气体浓度分布图, 得到燕化地区大气污染物的输送规律.

(1) 局地环流条件下, 白天为南风及西南风的向阳厂、东炼厂, 其排放物被输送到安装公司及来岭一带, 夜间向阳厂盛行北风, 房山县将受到向阳、前进等大气污染物的影响 (见图 2).

(2) 过境大风条件下, 东北大风时受地形影响, 在东风厂区形成涡流而出现高浓度并影响东炼和迎风新村, 夜间偏北风时东风厂排放影响燕化区和房山, 迎风新村受到东风厂和向阳厂共同影响出现高浓度, 夜间西北大风时东炼厂排放影响迎风新村及下风地区.

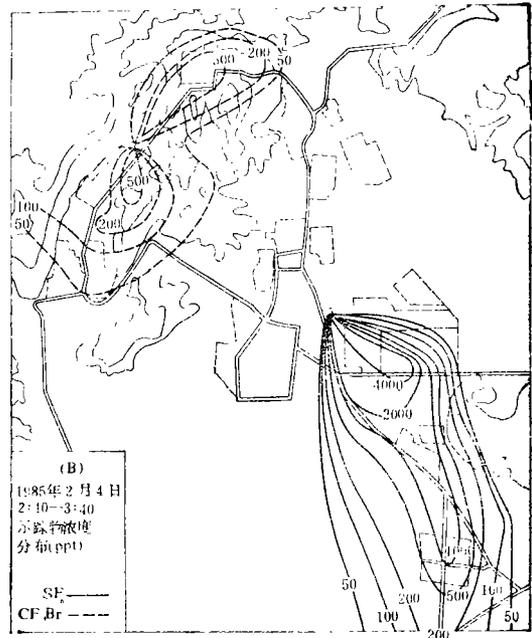
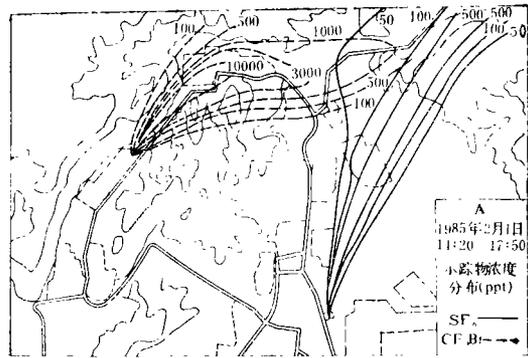


图 2 示踪物扩散影响范围图

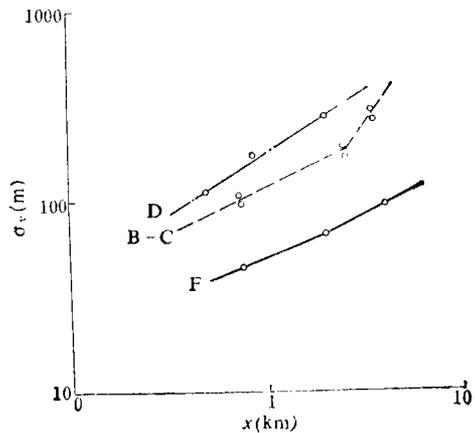


图 3 扩散参数随距离的变化

3. 扩散规律

由实验得到该地区大气扩散规律。根据各弧线上的浓度水平分布计算大气横向扩散参数 σ_y 。图 3 给出白天南风和夜间北风沿山谷的扩散参数随距离的变化。

在燕化区，气流经过曙光区受建筑物影响，湍流强，扩散较快；当进入东风厂东西走向的山谷，由于气流辐散作用，扩散增长明显加快；在偏北山风条件下，夜间大气稳定，扩

散能力小；气流过房山以北地区，受东西两面山丘限制，水平扩散增长较慢；气流过山时，受山坡阻挡发生绕流作用，浓度和水平分布加宽。

3. 模式计算

考虑上述多山谷的输送与扩散的特殊规律，烟团模式较近似反映其过程，地面浓度计算公式为

$$P(x, y, 0, t_0 + N\tau) = \sum_{m=1}^N \frac{2Q_k \cdot \exp[-\beta \cdot (N - m + 1)\tau]}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x(T) \sigma_y(T) \sigma_z(T)} \cdot \exp \left\{ - \left[\frac{\left(x - x_k - \tau \sum_{m=1}^N u_{i \cdot j \cdot t_0 + (n-1)\tau} \right)^2}{2\sigma_x^2(T)} + \frac{\left(y - y_k - \tau \sum_{m=1}^N V_{i \cdot j \cdot t_0 + (n-1)\tau} \right)^2}{2\sigma_y^2(T)} + \frac{H^2}{2\sigma_z^2(T)} \right] \right\}$$

式中， P 为地面浓度； Q 为排放量； τ 为烟团的时间间隔； x, y, z 为坐标位置； N 为烟团个数； u, v 为 x 与 y 方向风速分量； m 为排放时间先后编号； H 为烟气排放有效高度； n 为烟团经历步长； $\exp[-\beta(N - m + 1)\tau]$ 衰减因子

4. 计算结果

(1) 关于颗粒物的日平均浓度在局地环流条件下 1985 年 1 月 21 日东炼厂内出现超标区。2 月 4 日燕化对房山有 0.05 mg/m^3 的影响，东炼仍有超标区。2 月 6 日因白天西南风、夜间东北风房山不受燕化影响，但东炼仍出现超标区。大风条件下，由于稀释作用，浓度小，迎风新村受东炼污染影响，但浓度小。

(2) 关于 NO_x 的日平均浓度，1 月 21 日由东炼到迎风新村、设备库都是超标区。2 月 4 日房山出现 0.05 mg/m^3 。2 月 6 日超标区减少，房山基本不受影响，但以上三天东炼都有超标区。只是在大风条件下， NO_x 浓度很小，东炼超标区消失。

(二) 大气环境监测与化学特征

本课题在大气化学方面进行了 13 种气相物质和颗粒物及其中苯溶物、PAH、金属

元素与无机离子的分析监测，光化学烟雾及恶臭物质的分析研究。现将其特征分述如下：

1. 气相污染物的特征

NO_x 、 SO_2 、甲苯等与冬季取暖有关。12 月、1 月、2 月浓度高，其它月份浓度低。 O_3 在 7 至 10 月浓度高，其它月份浓度低。污染物在大气中的浓度年平均各采样点间没有明显差异，处于生产区下风向较远的迎风生活区， O_3 的浓度也不低。颗粒物与 SO_2 平均浓度均低于市区，但总烃、苯、甲苯比市区高。以上均反映了燕化地区的燃油型污染特征。

2. 悬浮颗粒物及其中成分特征

本区大气悬浮颗粒物分布比较均匀，年平均浓度大约为 0.3 mg/m^3 ，低于市区平均浓度 0.6 mg/m^3 。根据因子分析和多元回归分析计算，26.4% 来源于天然风沙，73.6% 来源于人为生产和生活活动。颗粒物中苯溶物年平均值为 5.3%，比市区平均值 8.2% 低。BaP 浓度采暖期高于非采暖期，但均远低于市区。用中子活化法分析了颗粒物中 36 种元素，根据富集因子计算与燃煤有关的 As、Se、Zn、Sb 等低于市区，与燃油有关的 Ca、

Ni、Cu 则高于市区。用离子色谱测定 F、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、NO₂⁻、NH₄⁺、K⁺ 等无机离子，NO₃⁻ 偏高，在 7—10 月间比 SO₄²⁻ 浓度还高，这说明本区有发生光化学反应的条件。

3. 光化学烟雾迹象

根据大气污染的系统监测和研究，初步发现 7—8 月间 O₃ 浓度普遍偏高。统计发现，与光化学有关的 THC、NO_x、SO₂ 负载系数为负值，说明其参与光化学反应，浓度降低，而 O₃ 生成量增加。经综合分析认为，本区在 7—10 月间存在着光化学烟雾污染的迹象。

4. 恶臭物质分析

对本区 6 个重点恶臭污染地区进行监测，甲苯、苯乙烯恶臭普遍超过允许强度。东炼装油站、加氢车间、污水场除芳烃恶臭超过允许强度外，H₂S 和有机硫化物也超过允许恶臭强度。

(三) 水环境影响分析研究

在水环境专题中进行了地面水环境的影响分析，地下水环境影响分析，面源污染影响分析和四条河的微量有机物分析。

1. 地面水环境影响分析

评价期间对本区四条河进行了九次水质监测和七次水团追踪试验。主要结果是，由于各厂多年来的排放，地面水受到较严重的污染，在一般情况下尚可达到农灌标准，但在某些时间某些河段则劣于农灌标准。主要污染物是油和酚。由于生产不正常排放较多，高值影响较重，选用评价模式：

$$P_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i / S_i$$

$$C_i = \sqrt{\frac{(C_{i\max})^2 + (\bar{C}_i)^2}{2}}$$

式中，P_j 为综合评价指数；C_i 为污染物浓度；S_i 为 i 污染物的评价标准。

水团追踪实验结果，河道中酚的衰减速度最高，衰减系数为 6；BOD、COD、油为

2.2。

此外，根据燕化公司编制的规划，利用上述各研究成果对三条河未来水质进行了预测和评价。

2. 地下水环境影响分析

地下水的调查范围约 165km²，包括 5 个乡镇和 4 个水源地。于地下水的丰水期和枯水期实测了 28 个井的水位，同时用放射性同位素示踪法实测了地下水的流向、流速，算出渗透速度为 619 m/d。由于含水层透水性能较好、地下水流动快，河水污染后，必将影响地下水水质。在一个水文年 4 次对 24 口井的监测，有臭味的 8 口井，硬度增高 26—100%。对 8 个采样点 20 批水样分析查明，含有机物 250 多种，夏村、苏村都有数种、数十种是美国 EPA 确定的 129 种优先检测物，其中有 10—20 种与生产厂排水中所含有机物相同。对 44 口水井的 4 次监测，有 1/3 水井受到当地工业污染影响，10 口井有 1 项或几项超过饮用水水源的水质标准。根据监测结果绘制了 COD、油、酚、硫化物等浓度曲线，由曲线看出污染物迁移方向与地下水总流向一致。

3. 面源污染影响分析

为了研究雨水径流造成的污染，选取了 8 个观测点，取天然雨水径流水样并进行了小面积降雨模拟实验。调查说明，雨水径流中 COD、油、悬浮物的平均浓度与降雨强度有关，降雨强度越大，污染物浓度越高。污染物浓度往往在形成径流的最初 1.5 min 内出现峰值，每场雨径流污染物总量的 40—60% 在 15min 内流出。经计算每年通过雨水径流排入水体的油为 10.9 t，悬浮物为 1060 t。

4. 四条河中微量有机物分析

为了更为深入地了解和研究水质污染，除常规指标监测外，对四条河微量有机物分析鉴定出 312 种，其中苯酚对东沙河等污染最严重，其次是甲酚，检出酯类 49 种。芳烃检出有苯、甲苯、乙苯、异丙苯，并有严重超

标,致臭成分计 243 种。而多环芳烃含量较低,对水质污染较轻。四条河底泥中酚类及酯类进行了测定,邻苯二甲酸酯含量为水中的 147 倍。

(四) 土壤有机污染评价

1. 评价范围及采样布点

为了解土壤有机污染状况,我们对燕化地区及其周围共 114.1 km² 进行了布点采样分析。布点原则是以燕化公司为中心,由近及远,由密至疏,平均每个点代表 1.7 km²。采样分春、秋两次进行。

评价项目以碳氢化合物为主的石油污染物的系统组份分析,包括有氯仿抽提物、矿物油、酚、烷烃、芳烃和BaP等。

2. 评价方法和标准

目前我国尚没有土壤污染评价的规范和标准。为此在本评价中提出对照点污染物平均值加 2 倍标准差作为评价标准,用土壤污染综合指数表示污染程度,即:

$$X_{ii} = \bar{x} + 2\sigma,$$

$$P_i = \sqrt{\frac{P_{平均}^2 + P_{最大}^2}{2}}$$

3. 评价结果

按照上述方法计算,获得如下结论:

(1) 整个调查区未污染占 43.1%、中度和轻度污染占 46.3%,重污染占 10.6%;

(2) 从各类土地利用类型分析得知,土壤污染主要来自大气污染的影响;

(3) 就地区分布而言,污染轻重的顺序是:燕化区>城关>周口店>远离燕化区;

(4) 污染物含量,春、秋季样品无明显差异;不同利用方式无明显差异。

四、污染受体分析

(一) 环境污染对植物和动物的影响

燕化地区系太行山山脉,属华北植物区系,曾是一个森林较多的地区。由于人类长期活动,已逐步演变为一个森林贫乏地区,原始森林已不复存在,只有边远地区还残存着

小片的天然次生林和散生林木。

石油化工生产对树木影响,通过 7 个生产厂区的污染现场调查,发现有如下危害:

酮苯车间曾多次栽植不同种的杨树均未成活;苯酚丙酮车间多次种植云杉、雪松未成活;杨树、臭椿等叶片组织出现红褐色坏死斑;受乙烯污染树木出现枯梢、树梢弯曲变形和叶子变小,落叶;丁二烯跑漏,侧柏枯死,梨树叶片变黑和落叶…。综合各种污染情况可知,有机污染物对树木危害以烯烃较严重,丙酮、丁酮、H₂S、NH₃ 危害也较大,而芳烃危害较轻。

通过污染现场调查和薰烟试验,不同的树种对不同的有机污染物抗性有很大差别。阔叶树种比针叶树强,油松、北京杨对有机物等比较敏感,在装置区周围普遍生长不良,应加注意选择适宜树种。现各厂绿化受用地限制,对改善环境质量还起不到应有作用,全区应考虑总体规划把山地造林与建立森林公园结合起来,使生态环境得到改善。

工业建设和污染对本区动物区系和群落结构有明显影响,其突出表现为有益鸟类、兽类减少,有害鼠类数量增多。在污水库附近由于污水影响,有的鸟类畸形,蛙类繁殖受到影响,黑线姬鼠内脏重量比对照组高。这些问题有待深入研究。

(二) 环境污染对人体健康的影响

为了探索燕化地区环境污染对人体健康影响的特点,调查研究内容如下:

1. 环境流行病学调查

对 430 名小学生进行了唾液溶菌酶含量分析,240 名职工作了免疫球蛋白及血浆蛋白电泳分析,60 只产妇胎盘芳香烃化酶活性分析,60 名职工血液中淋巴细胞染色体畸变率分析,并进行了胎儿畸形调查、恶性肿瘤发病、死亡调查。

2. 人体健康临床医学检查

分别对石化工人、非生产职工及区外对照组共计 2400 人进行了临床体征、脉搏、血

压、血象、肝功能、心电图、脑电图、肺功能等项目的检查。

3. 环境毒理学研究

对大气可吸入尘及饮用水进行了致突变性鉴定,用动物现场暴露实验,观察有害空气对动物影响。

调查研究的结果如下:

(1) 神经系统症状表现为心动过缓,检出率比对照组高,收缩压、血液的细胞总数比对照组低。

(2) 污水场生产环境有较明显的健康效应,动物实验证明车间生产环境对动物肝肺组织产生了不良影响。

(3) 畸胎发生率及总癌死亡率与对照组无明显差异,但该地区空气、水、食物中有一定量致突变、致癌物质,应引起重视。

(4) 小学生唾液溶菌酶含量低于对照组说明特异性免疫功能有所降低,但是否由于环境污染所致,有待进一步研究。

五、减缓影响的对策

在对燕化地区各污染因素和污染受体进行全面调查、系统分析、综合评价的基础上,为有效地控制污染、改善环境,提出了减缓影响的对策。其中有涉及总体布局、发展方向和规划的建议,有消除与减缓污染及节能与综合利用资源的措施建议,有保障安全及改善管理建议共计 11 项。

1. 调整布局、外迁生活区:如前所述,由于历史原因形成生产与生活区犬牙交错的局面,建议调整布局,外迁生活区,逐步采取措施把安全防护带设置起来。

2. 限制新的污染源:鉴于本区水、土壤、大气环境都已出现污染和超标情况,不宜再建新的污染物发生装置或增大污染排放量。今后的生产建设和发展方向是资源综合利用,原料深度加工,废弃物再利用,无废无害工艺的改进,同时建立本区污染物总量管理制度,使污染物总量能逐年削减,环境得到逐步改善。

3. 减少现有污染源影响:主要措施有增设锅炉除尘装置;减少工业有机废气排放量;消灭火炬;控制燃烧废气排放;设置消声装置等。

4. 改造东炼、向阳污水处理场及牛口峪水库。

5. 进行恶臭防治。

6. 控制事故排放。

7. 节水、节能、开展综合利用。

8. 建立自动监测控制系统。

9. 建立安全防护系统。

10. 强化环境管理,开展环境科研。

11. 进行本区生态工程设计和实施。

以上各项建议均为公司所采纳,其中不少项已在实施中,本区环境有望经过数年努力而得到显著改善。

Abstracts

HUANJING KEXUE

Chinese Journal of Environmental Science

Investigation on Prediction and Control of Watershed Pollution by Township Enterprises and Agricultural Activities in Tai Lake Region, South of Jiangsu Province:

Dong Yawen, Wang Zujiang, Xia Jiaqi et al.

Problems discussed in this paper are very common in the economically developed Tai Lake region. Watershed pollution by township enterprises, pesticides and chemical fertilizers has been deeply concerned. The main sources of industrial pollutants in this region are textile printing and dyeing, papermaking, electroplating, chemical and food industries. Some heavy metals, such as Cu, Zn, Pb, Cd have been detected in some of the rivers. However, organic pollutants are more widespread than heavy metals with BHC (benzene hexachloride) having been detected in all water samples with concentrations ranging from 0.602 to 2.236 ppb.

By end of this century, if the industrial output will increase four times as much as at present, and the waste discharge from township enterprises is expected to decrease 15% per 10,000 yuan output value, then the total waste discharge is estimated still to be 1.5 times as much as today. By then, total wastewater discharged from township enterprises will be 9.2 times more than that of 1984, and water quality in some polluted water bodies will be worse seriously. The authors urge to take the following effective measures for preventing environmental pollution in this region:

- (1) introducing treatment techniques that are currently in use;
- (2) making full use of self-purification of the water bodies;
- (3) controlling acid wastewater from ore wastes polluting water bodies (rivers, lakes ponds);
- (4) enforcing protection of water resources from rivers;
- (5) rationally arranging township enterprises and adjusting structure of trades;
- (6) controlling pollution of canal sediment.

A Brief on Environmental Impact Research at Beijing Petro-Chemical Complex

Sun Lianchao et al.

The production processes at the Beijing Petro-chemical Complex are quite complicated, and the pollutant emissions are multiple. The Complex itself is, however, located among the mountains, and the production districts intermix with the residential ones. All the things make environmental protection difficult. A team from Chinese Academy of Sciences helped the Complex investigate environmental impacts there. The research program was divided into three parts, i.e. pollutant emission sources, environmental media and pollutant acceptors. In this district, waste gases, wastewater, solid wastes, offensive odour and some accidents were investigated separately. The situation of land-use was analysed with remote sensor images of aerophotography. Air currents which stayed around the mountains and valleys were studied with two-dimensional diffusion indicators. At the same time airborne particulates and gaseous pollutants were collected. According to the results, residential districts are suggested to be moved to the east. In this article, the models for purifying streams were introduced. Groundwater velocity and direction with pollutants therein were observed and trace organic compounds in water analysed and evaluated. Assessment of organic pollutants in soil was done. In this district, scientists watched the plant species and populations with damage by pollution, investigated animal community and its variations. Several items of human health investigation were carried out and data on incidence acquired. In the light of above-mentioned investigations and research work, eleven measures for protecting and improving environment were proposed so as to see environmental, economic and social benefits realized.

HUANJING KEXUE Vol 7, No. 4, p 55, 1986

HUANJING KEXUE Vol 7, No. 4, p 75, 1986