

专论与综述

我国工业废水污染防治的战略、对策 与费用效益分析

张忠祥

(北京市环境保护科学研究院, 北京 100037)

摘要 扼要阐述了当前我国工业废水排放和污染现状, 提出了从本世纪末到2020年的控制目标与任务, 及为达此目标而采取的战略与对策、措施, 并进行了初步的费用效益分析。文章突出强调, 我国工业废水的排放量与污染负荷应遵循从正增长率→零增长率→负增长率的发展模式; 实施以清洁生产为主要内容的生产全过程控制的重要措施以及加强集中处理的规划方案。其结果将能削减COD负荷54.6%以上, 费用效益比将达1:2.58。

关键词 工业废水, 污染负荷, 清洁生产, 生产全过程控制, 费用效益分析。

1 我国工业废水的污染现状

多年来我国在控制工业废水污染方面采取了许多有效措施, 对缓解工业废水对环境的污染起着重要作用。但从整体上讲, 伴随改革开放和经济高速发展, 水环境污染状况仍未得到有效控制。其主要原因在于工业生产中长期以来高投入、低产出、高消耗、低效率状况未得到根本改变, 资源浪费依然严重, 污染物排放量大, 导致水环境严重污染。

根据“一九九四年中国环境状况公报”提供的数据^[1], 1994年全国工业废水(不含乡镇企业)排放量为 $215.5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 其中COD $681 \times 10^4 \text{ t/a}$, 重金属1697 t/a, 砷1038 t/a, 氰化物2548 t/a, 挥发酚5442 t/a, 石油类55748 t/a。乡镇企业废水 $43 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 占全国工业废水排放量的16.6%, 1989年至1994年排放量增长65.4%(年均增长率13%), 是新兴的大污染源。

由于工业废水和其他废污水的排放, 1994年全国各大江河均受到不同程度的污染, 呈发展趋势。工业发达城镇附近水域的污染尤为突

出, 淮河干流某些河段发生了严重污染事故, 数十万居民生活用水遭到污染, 工农业生产损失巨大。城市地面水污染呈恶化趋势, 水污染促使90余城市缺水更加严重。湖泊水库富营养化更趋严重。渔业水域生态环境恶化状况未获改善, 水产养殖业受到严重影响, 有些水域部分水生生物濒危。

2 工业废水预测与控制目标

我国第三次全国环境保护会议提出了2000年环境保护总目标^[2]。鉴于进入90年代以来我国国内生产总值以9%—11%的高速率增长, 而环境污染仍未基本控制, 反而呈发展趋势。因此, 要实现总目标不仅是本世纪末的奋斗目标, 也将延续到新世纪初10—20年的奋斗目标。根据国内外及笔者的预测, 以及国家对“九五”的计划, 本世纪最后5年我国国内生产总值年增长率约控制在9%—10%, 新世纪头20年分别为6%—9%。因此, 基本上将以高、中速稳定发展。对于此条件下的水污染发展状况及其后果可以作以下几种设想:

收稿日期: 1995-10-27

(1) 水污染发展速度(以污染物负荷及排放量计)若与经济发展同步发展(增长),则将导致水环境污染继续迅速恶化,污染将造成巨大损失,危及人体健康并恶化生态环境。

(2) 工业废水污染得到一些防治与控制,污染物排放量仍在增长,只是速度低于生产发展速度,则水环境污染速度虽能稍缓,但仍得不到控制,污染将继续恶化。

(3) 工业废水污染将得到较有效防治,污染增长速度为零,做到了“增产不增污”,水污染逐步基本得到控制,环境质量能有所改善。

(4) 工业废水污染将得到有效防治,污染物排放量以负速发展,做到了“增产减污”,环境质量将逐步改善,生态系统逐步转向良性循环。

由上分析可见,只有第 4 种抉择才能达到上述环境保护目标。

国家环保局曾组织“中国 2020 年环境保护战略目标研究”^[3]。根据中国经济、社会发展战路,对工业废水等一些主要环境问题进行了预测研究。上述研究及笔者对 2000—2020 年工业废水污染负荷与排放量预测见图 1 及表 1。

表 1 我国 2000—2020 年工业废水防治战略目标的预测与建议

项 目	规 划 年				备 注
	1990	2000	2010	2020	
COD 产生量/ $10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$	1190.5	1759.0	2331.0	2993.0	
COD 削减量/ $10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$	256.4	622.0	1289.0	2162.0	1. 资料来源:根据参考文献[3]
占百分数/%	21.5	35.4	55.3	72.2	2. COD 负荷及工业废水量包括
COD 排放量/ $10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$	854.1	1137.0	1042.0	831.0	县以上工业及乡镇工业
占百分数/%	78.5	64.6	44.7	27.8	
工业废水排放量/ $10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$	280.0	382.0	500.0	598.0	
COD 削减量/ $10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$	256.4	791.5	1352.0	2162.0	笔者根据国内外防治水污染对
占百分数/%	21.5	45.0	58.0	72.2	策的发展而提出的建议值
COD 排放量/ $10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$	854.1	967.5	979.0	831.0	
占百分数/%	78.5	55.0	42.0	27.8	
工业废水排放量/ $10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$	280.9	336.2	386.7	425.4	
排放的工业废水平均浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	304.0	288.0	253.2	195.3	

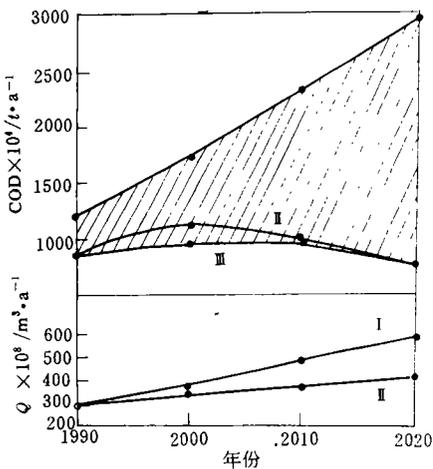


图 1 工业废水 COD 负荷与废水排放量预测

I. 上述研究预测的 COD 负荷产生量

II. 削减后 COD 排放量,斜线部分表示 COD 负荷减量

用笔者对工业总产值预测数据核算图 1 的 COD 负荷值,相当于万元产值 COD 产生量 32.5 kg/万元(2000 年), 23.4 kg/万元(2010 年)及 10.3 kg/万元(2020 年)。而北京 90 年代初为 12.0 kg/万元,即 2020 年全国平均水平应优于北京 90 年代初的水平。鉴于我国在今后发展工业生产时将注意采用先进工艺与装备,并加强对乡镇企业污染预防,该预测基本符合实际情况。图 1 中 II 线是笔者建议的方案,基于加强 COD 负荷削减力度而提出的。其根据是,在未来 20 余年中,我国应对工业废水污染防治作如下战略转变:① 全国工业废水量及污染负荷量应随着经济发展逐步从正增长率过渡到零增长率,最后达到负增长率。② 应从注重末端治理逐步转向以发展清洁生产与工艺为主要内容的生产全过程控制。③ 从以浓度控制转向为既

考虑浓度又考虑总量的双轨控制。①从注重分散的点源治理转向为集中与分散相结合的控制。

通过上述战略转变,将使我国工业废水污染防治推向一个新水平。

国家确定的污染负荷分别占全国总量为 65%、75%及 85%的 3000 家、6000 家及 9000 家重点污染源^[2]是迄今至新世纪初期重点控制对象,也是实施清洁生产的优选对象。

根据污染预测及重点控制对象,可以确定控制工业废水污染的若干具体指标:

(1) 工业用水重复利用率 钢铁行业 $\geq 90\%$ (先进企业: 97%—98%); 石油炼制与化工行业 $\geq 90\%$ (先进企业: 95%—97%); 化工行业 $\geq 80\%$; 纺织行业 $\geq 60\%$ —70%; 食品行业 $\geq 60\%$ —80%; 纸浆造纸行业 $\geq 50\%$ —60%。

(2) 工业废水排放量(含乡镇企业) 2000 年 $300-336 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$; 2010 年 $386 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$; 2020 年 $425 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

(3) COD 污染负荷削减量 2000 年 $800 \times 10^4 \text{ t/a}$; 2010 年 $1350 \times 10^4 \text{ t/a}$; 2020 年 $2200 \times 10^4 \text{ t/a}$ 。

3 工业废水污染防治对策与措施

采取综合性对策与措施,包括宏观调控、污染源控制及管理控制,如图 2 所示。

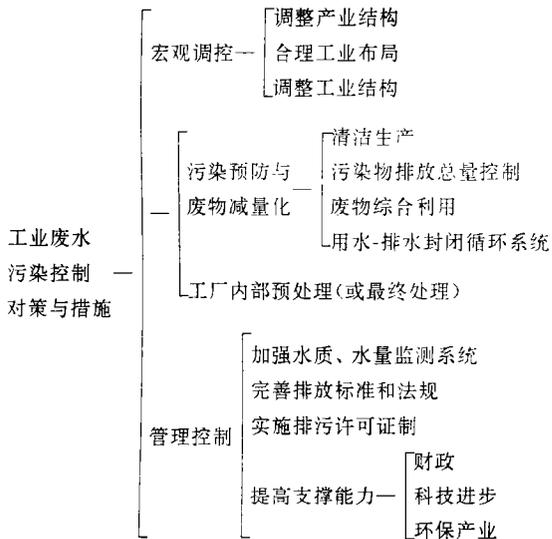


图 2 工业废水污染控制对策与措施

3.1 调整、优化产业结构、工业结构、合理工业布局

应遵循可持续发展的原则,积极调整产业结构与布局,根据我国水资源、能源、用地和环境状况,不再发展那些能耗大、用水多、占地多、运输量大、污染扰民的工业,按照“物耗少、能耗少、占地少、污染少、运量少、技术密集程度高及附加值高”的原则调整工业结构,以达到降低单位工业产品或产值的排水量及污染物排放负荷。有些工业城市,可将人口、工业从市区向郊区转移,使市区从以往的外延发展转变为技术改造。还可调整产业结构,发展第三产业,以优化第一、二、三产业的结构比例,既促进经济发展,又降低污染负荷。

3.2 加强对工业企业的技术改造,推广清洁生产和绿色产业

①应编制各工业行业及企业的中长期发展规划及环境保护规划,结合技术改造,同步实施。②现有企业应按照“挖潜、改造、配套、扩建”原则,充分发挥潜力,提高效益。③采用节水、省能工艺与设备。④推行清洁生产,采用无废少废工艺技术。⑤采用精纯原料,减少污染物产生量。⑥对废液、废渣进行综合利用。⑦实行清污分流,发展用水-排水封闭循环系统,提高水的重复利用与循环再用率。

近年来,发展清洁生产与绿色产业已成为我国工业可持续发展与保护环境的一个热点。由国家环保局负责组织的“世界银行中国环境技术援助项目——推行中国清洁生产项目”,已于 1993 年选择了北京的六个企业,湖南长沙的一个企业,应用国外实施清洁生产方法学组织清洁生产。该示范项目以利用企业现有规模(工艺、设备)为基础,通过对企业生产各个环节的审计采取生产全过程优化的综合防治措施,以达到降低物耗、水耗,减水减污的综合效果。北京市的试点表明,实施以清洁生产为主要内容的废水防治措施明显优于终端治理措施,其费用效益比达 3.26:1。而且,其投资回收期一般仅为 0.5—3.0 年。为了实现目前至 2020 年的水环境目标达到污染负荷的负增长,清洁生产

及生产全过程控制应该列为最重要的对策和措施。

3.3 全面推行污染物排放总量控制与排污许可证制

多年来,我国建立并形成了一套比较切合国情的环境管理体系,如:①环境影响评价制;②“三同时”制;③“污染者必须付费”原则;④污染物排放申报登记与排污许可证制;⑤环境保护目标责任制;⑥限期治理制;⑦城市环境综合整治定时考核制;⑧促进污染集中控制制等。其中,水污染物排放许可证制是以控制污染源和行业排放污染物总量为基础的一项新管理制度。近年来我国完成了试点工作,即将全面推广实施。

3.4 节水减污提高工业用水重复利用率

我国在经济建设中取水量过大,造成水资源严重浪费,缺水日益严重,势必影响可持续发展。据美国 1975—1985—2000 年实际的与预测的各类工业水量资料^[4],其制造业的取水量和工业废水排放量均呈负增长,而我国各类工业水量基数高,且呈持续上升趋势。因此,节水减污应是我国控制工业废水污染的另一重大措施。

电力、冶金、化工、石油、纺织、轻工为我国 6 大重点用水部门,也是重点节水部门。笔者认为,各种行业的水重复利用合理水平可以评定为:钢铁工业 90%—95%;化学工业 80%—90%;纺织工业 30%—50%;食品工业 60%—80%;制浆造纸业 50%—60%。根据国内情况调研表明,华北火电厂用水量达 5 L/kw·h,属国际先进水平。上海宝山钢铁公司水循环利用率超过 97%,也达国际先进水平。从整体上,钢铁、火电、石油化工 3 部门如加强管理,措施得力是不难达到前述水平的。工业节水,投资省,效果显著,又可压缩排污,是一项十分重要的对策和措施。

3.5 加强工厂企业内的终端处理

若工业企业含有毒有害污染物(重金属,难降解化合物)的废水不能达到“污水综合排放标准”或“进入城市市政下水道接纳的水质标准”

时,则应加强终端处理;若污染物易生物降解,仅浓度较高,则应与市政部门协调或放宽标准或终端处理达标后才排放。

3.6 促进工业废水与城市污水的联合处理

对于含有机污染物为主,且不含有毒有害污染物的工业废水,宜与城市污水合并,联合(集中)处理,使工厂不必都建内部处理设施,可节省设资,提高管理水平。

3.7 健全和严格法规与标准

我国对工业废水已制订了系列标准,如:“污水综合排放标准”(GB8978-88),若干行业的排放标准等,并正试行“超前标准”,以控制新污染源。

4 工业废水防治与控制的费用效益分析

效益分直接效益与间接效益。直接效益指因避免了水污染所造成的损失而言。按照“中国环境 2000 年”的研究结果^[5],按 1990 年不变价折算,此项直接损失相当于 2.02 元/m³·a。按本文所推荐的对策与措施,30 年间 COD 总削减将达 54.6%,再考虑水环境的某些自净作用及对适量污染物的环境容量,笔者认为应对 2.02 元/m³·a 乘以修正系数,此值定为 0.75。此外,由于采用了清洁生产与工艺,除控制污染外,尚可获利,构成了间接效益。

投资费用,包括了清洁生产的投资(按试点经验,通常可在 0.5—0.3 年回收),以及集中的城市污水处理厂的基建投资和运行维护费用等。表 2 列出了污染负荷削减量及投资费用。表 2 中集中的城市污水处理率:1990 年 4%;2000 年,10%;2010 年,20%;2020 年,30%。相当日本 90 年代水平。另外,清洁生产万元投资在 10 年间削减 COD 6 t。城市污水处理投资按 1100 元/m³·d 计。

表 3 列出了工业废水防治的直接效益和费用效益的分析评价。

评价分析结果表明,费用效益比可达 1:2.58。防治费用相当该时期国内生产总值的 0.33%左右。其中约 5000 亿元属于实施清洁生产与技术改造的投资,可很快回收。

表 2 污染负荷削减量与投资费用

年 份	污染负荷(COD)削减量/10 ⁴ t			投资费用/10 ⁸ 元			
	清洁生产	集中处理	合 计	清洁生产		集中处理	
				10 年	年平均	10 年	年平均
1991—2000	4918.5	321.0	5239.5	820.0	82.0	87.0	8.7
2001—2010	9630.0	1083.5	10717.5	1606.0	160.0	243.0	24.3
2011—2020	15158.0	2412.0	17570.0	2526.0	252.6	319.0	31.9
合计	29810.5	3816.5	33518.0	4952.0	459.2	649.0	64.9

表 3 工业废水防治与控制的直接效益和费用效益/10⁸ 元

年份	1991—2000	2001—2010	2011—2020	合计(30 年)
工业废水产生量/10 ⁸ m ³	3082.2	3614.5	4060.5	10757.2
不治理时水污染造成的损失	6232.7	7301.3	8202.2	21736.2
经治理后减少污染损失	4675.5	5476.0	6151.7	16302.2
工业废水防治总费用	994.0	2179.0	3494.0	6667.0
直接效益	4675.5	5476.0	6151.7	16302.2
间接效益	153.8	301.1	473.6	928.5
总效益				17230.5
费用/效益比				1 : 2.58 (1990 年价, 无贴现)

5 结语

采用本文推荐的规划方案, 从本世纪末到下世纪头 20 年将削减 COD 负荷总量的 54.6% 以上, 费用效益比达 1 : 2.58. 将取得重大的社会-经济-环境效益.

参 考 文 献

- 1 国家环保局. 一九九四年中国环境现状公报, 1995
- 2 解振华. 上海环境科学, 1994, 13(1): 2
- 3 韩国刚等. 中国 2020 年环境保护战略目标研究. 北京: 中国环境科学出版社, 1993, 11, 13, 25
- 4 袁铭道. 美国水污染控制发展概况. 北京: 中国环境科学出版社, 1986, 38—39
- 5 曲格平等. 2000 年中国的环境. 北京: 经济日报出版社等, 1989, 319—322

(上接第 74 页)

户, 又因室内一些材料的潮湿表面可吸收一定量的 NH₃, 致使个别房间内 NH₃ 浓度反而稍低于室外.

(2) 不同季节观测结果有明显差别, 随着温度的升高, 室内、室外 NH₃ 的环境浓度都增加, 这与 N. Yamamoto 的结果相符^[5].

(3) 环境的通风状况对室内氨浓度的分布影响较大, 从表 2 可见, 当夏季通风状况改善时, 不同房间的 NH₃ 浓度差别比春季小, 与室外的浓度差别也减少. 这次观测没有对装有空

调的房间进行测试, 预计这种房间内由于空气的循环使用, NH₃ 浓度有可能提高.

参 考 文 献

- 1 Atkins D H F, David S Lee. Atmospheric Environment, 1993, 27 A(1): 1
- 2 陈乐恬, 佟玉芹, 张宝珠, 赵殿五. 环境化学, 1992, 11(5): 68
- 3 陈乐恬, 佟玉芹. 环境化学, 1994, 13(5): 460
- 4 庞淑薇, 佟玉芹. 环境科学, 1985, 6(6): 70
- 5 Yamamoto N et al. Atmospheric Environment. 1995, 29(1): 97

08%, 90% and 90% respectively.

Key words: gangu, polyaluminum ferric chloride, preparation, structure, wastewater treatment.

Spectrophotometric Determination of Trace Fluoride Based on the Inhibitory Effect on the Formation of Ternary Complex. He Ronghuan and Xiu Huanhong (Chemistry Department of Yantai Teachers College, Yantai 264025); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(4), 1996, pp. 64-66

A kinetic method for the determination of trace fluoride was established based on the inhibitory effect of fluoride on the formation of ternary complex among Zr (IV), salicyl fluoronol (SAF) and cetyltrimethyl-ammonium bromide (CTMAB). The determination conditions were $[\text{SAF}] = 6.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $[\text{CTMAB}] = 8.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $[\text{Zr (IV)}] = 1.0 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$, $[\text{HCl}] = 0.08 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 25°C. The calibration graph was linear for $0.08 - 0.48 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$, and the detection limit was $2 \text{ ng} \cdot \text{ml}^{-1}$.

Key words: inhibitory on ternary complex formation, spectrophotometry, fluoride, determination.

Gas Chromatographic Determination of Chlorinated Pesticides and Polychlorinated Biphenyls in Sediment Using Ultrasonic Extraction and Steam Distillation Extraction (SDE). Zou Shichun and Zhang zhanxia et al. (Dept. of Chem, Zhongshan University, Guangzhou 510275); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(4), 1996, pp. 67-70

This paper described a new method for the extraction of trace organochlorinated pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in sediments using a combined technique of ultrasonic extraction (UE) with steam distillation extraction (SDE). The sediment sample was blended with water or n-hexane prior to the SDE step and the high recoveries for DDTs and PCBs, especially for PCBs, could be obtained by an auxiliary UE method. However, the recoveries for BHCs in sediment are unsatisfactory. Further experiments showed that the recoveries for β -, γ -BHC could be enhanced when a small amount of n-hexane was mixed with the sediment sample and was treated with the UE prior to the SDE step. It is possible that this combined technique is used in the extraction for semi-volatile compounds in other solid samples.

Key words: steam distillation extraction, ultrasonic bath, organochlorinated pesticides, polychlorinated biphenyls analysis.

A New PVC-Coated Carbon Rod Electrode for Anionic Surfactants and Its Application in Environmental Monitoring. Li Congrong (Chengdu Factory of Petroleum Chemistry, Chengdu 610083), Dan Dezhong et al. (Dept. of Environ. Sci. and Eng., Sichuan Union University, Chengdu 610065); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(4), 1996, pp. 71-72

A new anionic surfactant selective electrode prepared by coating a graphite rod with PVC compound containing triheptyl-dodecyl ammonium and dodecylbenzene sulfonate THDA-DBS is developed. The optimum coating membrane composition is THDA-DBS 5 mg, DBP 0.4 ml, NB0.3 ml and PVC 0.2 g. The electrode exhibits nernstain response to the surfactant anions over the concentration range 1×10^{-3} to $8.1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ with a slope of 58 mV per decade. The detection limits are $5.6 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ for DBS and $7.4 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ for SDS. The electrode shows high stability and selectivity, and it is easy to make and store, and inexpensive. The electrode has been used successfully for the determination of anionic detergents in environmental water samples.

Key words: ion selective electrode, anionic surfactant, environmental monitoring, water sample.

Observation on Concentrations of Ammonia in Atmosphere by Diffusive Sampling. Chen Letian and Tong Yuqin (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(4), 1996, pp. 73-74

Simple passive diffusion samplers were used for the determination of ammonia concentrations in atmosphere. The gas was collected by molecular diffusion on phosphoric-acid-impregnated paper and subsequently determined spectrophotometrically. In a survey of 3 apartments, concentrations of NH_3 indoors were higher than those outdoors. These preliminary data suggest that humans themselves may be a source of ammonia.

Key words: ammonia, diffusive sampling, environmental observation.

The Strategy, Countermeasures and Cost-Benefit Analysis of Industrial Wastewater Control in

China. Zhang Zhongxiang (Beijing Municipal Research Academy of Environmental protection, Beijing 100037): *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(4), 1996, pp. 75-79

In this paper, the current discharge and pollution of industrial wastewater of China were described. The goals, tasks and the strategy, countermeasures for industrial wastewater control from the end of this century to 2020, were put forward, and the preliminary cost-benefit analysis was conducted. This paper stressed the following main points: for controlling the discharge and pollution loads of industrial wastewater, the developing model, from positive increasing rate to zero increasing rate, and finally to negative increasing rate, must be adhered to; the whole production process control with using cleaner production and technologies, and strengthening centralizing wastewater treatment schemes must be implemented. As the results of implementation of above-maintained strategy and countermeasures, the COD load of industrial wastewater will decrease more than 54.6%, and the ratio of costs and benefits will reach to 1:2.58.

Key words: strategy, countermeasures, cost-benefit analysis.

The Status and Trend of Vehicle Pollution in China. He Kebin et al. (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University, Beijing 100084): *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(4), 1996, pp. 80-83

This paper presents the status of vehicle pollution in China and its evolution by the year 2000 and

2010 through the consideration of vehicle population, oil consumption, pollutant emissions, and air quality in major cities. Meanwhile, the integral strategy for vehicle emission reduction is primarily analyzed from the viewpoint of energy conservation, purification and management.

Key words: vehicle population, vehicle pollution, pollution contributions from vehicles.

Application of Biosurfactants in Environmental Biotechnology. Chen Jian et al. (Dept. of Biotechnology, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036): *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(4), 1996, pp. 84-87

Biosurfactants are natural products derived from bacteria, yeast, or fungi. Due to their chemical structures and physical properties equal to, or exceeding, synthetic surfactants, and their low toxicity profile to freshwater, marine, and terrestrial ecosystems, biosurfactants are potential candidates for a variety of environmental application, particularly for bioremediation of polluted materials, such as oil and organic solvent. The solubilization and emulsification of toxic pesticides by biosurfactants aid in degradation of such hazardous materials from contaminated site. The future success of biosurfactant technology in bioremediation will require the precise targeting of the biosurfactant system to the physical conditions and chemical nature of the pollution-affected site.

Key words: biosurfactant, bioremediation, application.

(上接第 89 页)

个及其以上视野中纤维根数。

(5) 计算公式

$$c = A \cdot N / (a \cdot n \cdot r \cdot t \cdot 1000)$$

式中, c 为石棉粉尘浓度(根/ml); A 为滤膜有效采尘面积(mm^2); N 为计测的总纤维数(根); a 为目镜测微计数视野面积(mm^2); n 为计测的总视野数; r 为采样流量(L/min); t 为采样时间(min)。

(6) 测定结果 见表 3。

由表 3 看出, 二选厂、一选厂及处于下风向的县招待所石棉粉尘浓度较高, 大濂和二中的情况较好。这与

上述大气 TSP 的污染规律基本一致。

表 3 大气中石棉粉尘测定结果

采样点	测定结果(t/c)/min·(根/ml) $^{-1}$]			3 日均值 /根·ml
	08-22	08-23	08-24	
大濂	50/0.022	30/0.046	40/0.009	0.026
二选厂	50/0.067	30/0.072	40/0.028	0.056
二中	50/0.012	30/0.014	40/0.021	0.016
一选厂	25/0.122	30/0.197	30/0.278	0.199
县招待所	40/0.101	30/0.007	50/0.047	0.052
南水公司	40/0.089	30/0.046	50/0.006	0.047