

## 变电站多氯联苯污染源的治理

蒋 可 陈荣莉

(中国科学院生态环境研究中心)

**摘要** 本文介绍典型的秦安变电站 PCB 治理情况,建立了一套土壤和空气中 PCB 残留量的测定方法,完成了该电站内外环境样品中 PCB 残留量的测定,对污染状况作了评价,设计了相应的治理方案.完成治理一年后的跟踪监测结果证实,污染基本消除,环境得到改善.该方案方法简便,适合我国国情.

秦安 330 变电站是七十年代我国首次自行建成的超高压输变电中间开关站,每年传送电量在 20 亿度以上,是我国西北地区主力电站之一.变电站内曾装有国产 CL-1-45-I 型电力电容器八百多台(每台含纯多氯联苯液体约 8kg),是典型的多氯联苯(简称 PCB)潜在污染源. PCB 已使用了几十年,是应用广泛的合成工业品,多由一系列氯化联苯的混合物所组成. 1966 年后, PCB 的全球性污染引起生态环境科学家的重视<sup>[1]</sup>,它的生产和应用遭到异议,各国于七十年代纷纷下令停止 PCB 的生产,并限令不得用于开放性用途.我国从六十年代中期开始生产 PCB,大多用作电力电容器的浸渍剂<sup>[2]</sup>,从七十年代末停止生产 PCB,含 PCB 的电容器近年来也陆续从电网中被替换下来,但是,电容器本身的泄漏及替换下来的旧电容器保管不善,已造成了不少变电站内的局部 PCB 污染,且有危及周围居民及二次污染的可能性. PCB 在自然环境中的自净能力极小,毒效降低一半需要几十年<sup>[3]</sup>,环境一旦受到污染,残留 PCB 将给几代人带来不良的后果.

1983 年开始,我们选择了秦安 330 变电站为实验点,完成了土壤中 PCB 残留量测定;污染源大气中 PCB 含量测定等分析测试方法研究;典型 PCB 污染源的调查与环

境评价,污染治理方案论证及治理后的跟踪监测.

### 一、秦安 330 变电站的污染评价

秦安站位于天水市北 40km 的秦安县郑川乡,依山傍水(葫芦河),运行区域约占地  $3 \times 10^4 \text{m}^2$ ,海拔高 1100m,地下水位约 50m,年气温变化:  $-4^\circ\text{C}$  至  $25^\circ\text{C}$ ,风速一般不大于  $2.0 \text{m/s}$ ,年平均降雨量约 600mm.电容器集中架设在串补站(串联电容补偿装置)空中,高约 8m,水泥卵石地面(见图 1 中的 B 区). PCB 作为绝缘的液体浸渍剂,应该密封于铁壳中,但由于渗漏及破损,已造成地面严重污染,有明显的 PCB 油迹及气味.因为拆卸、检修及废电容器的临时堆放,还造成 B 区周围地面(土壤)污染.变电站东侧山坡下建有窖洞一个(见图 1C)作为堆放废旧电容器的场所,由于铁栅栏门不严,洞内浓重的 PCB 味随风扩散到整个变电站,造成严重的空气污染.

1983 年作了治理前的全面监测(测定结果见表 1—2),除了很明显的 B 区地面、铁架上严重污染及窖洞内空气中 PCB 含量严重超标外,还发现 A 区(见图 1)土壤表面 PCB 残留超标达 15 倍. PCB 残留污染仅局限于 A、B、C 三区及其附近,生活区及变电站墙外

面还没有发现污染迹象，窰洞 C 是一个潜在的大污染源。

为研究 A 区土层深度与残留值的关系，作了纵剖面 PCB 残留值的测定(见表 1、图 2)。

表 1 秦安 330 变电站多氯联苯 (PCB) 残留检测结果(治理前)

深 层 土 样		表 层 土 样				
编 号	PCB 含量 (μg/g)	编 号	PCB 含量 (μg/g)	编 号	PCB 含量 (μg/g)	
1 坑	740.22	3	0.31	24	0.03	
		表层土	4	1.01	25	0.03
		20cm	5	2.80	26	0.03
		50cm	6	4.04	27	1.04
		100cm	7	0.30	28	0.04
2 坑	1.15	8	0.79	29	0.03	
		表层土	9	0.63	30	0.01
		20cm	10	2.45		
		50cm	11	—		
		100cm	12	1.08		
		13	3.27			
		14	0.78			
		15	1.96			
		16	15.34			
		17	0.14	对照空白土样		
		18	0.18	编 号	PCB 含量 (μg/g)	
		19	3.55	麦积山		
		20	0.10			
		21	0.35			
		22	0.07	1	0.01	
		23	0.78	2	0.01	

表 2 秦安 330 变电站多氯联苯 (PCB) 残留检测结果

大 气 样	
编 号	PCB 含量 × 10 <sup>-6</sup> g/m <sup>3</sup>
1	2.17
2	2.67
3	8.20
4	5.20
5	3.77
6	5.05
8	6.10

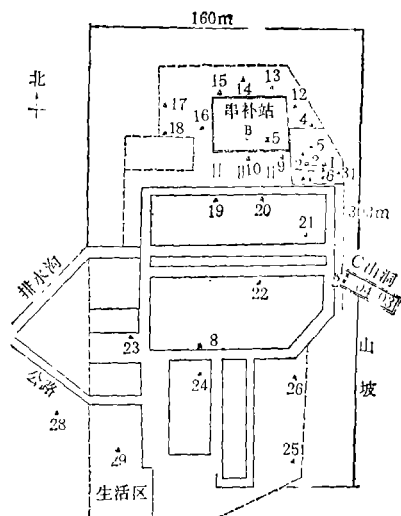


图 1 秦安 330 变电站采样示意图

△ 表层土壤采样点 □ 深层土壤采样点  
 - - - 分区线 ——— 电站围墙  
 × 大气采样点  
 采样点 1.2.5.6.7.31 在 A 区

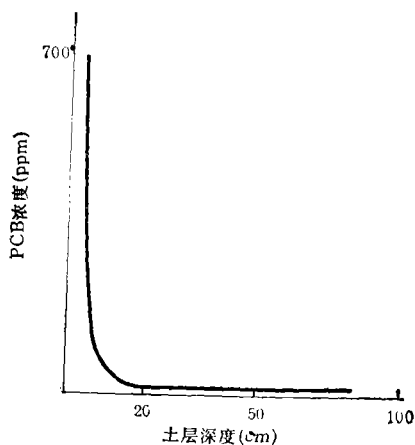


图 2 #1 土坑 PCB 残留与土层深度的关系

## 二、分析测试方法

土壤样品中的 PCB 残留物采用水蒸汽蒸馏,液/液萃取法提取<sup>[4]</sup>。空气中的 PCB 用有机溶剂吸收,石油醚提取<sup>[5,6]</sup>。PCB 环境监测标准只限于 PCB 总量(含 1—10 个氯原子的所有氯化联苯及其异构体)<sup>[7]</sup>，采用填充柱气相色谱/电子捕获检测法 (GC/ECD) 作为常规监测手段，仪器灵敏度为  $4 \times 10^{-12}g$

PCB 总量,建立了两种国产商品 PCB 标准样品<sup>[8]</sup>,当环境中残留的 PCB 组成与标样相差很大时,应用“各峰和”定量计算法测定总 PCB 残留量将可以获得最小的定量误差<sup>[9]</sup>。

复杂环境样品中其它化合物(如农药等)的干扰给 PCB 的准确测定造成了一定的困难,除应用质谱计作为定性手段外,建立了“选择离子叠加分析法”,以同时测定环境样品中互相干扰的 PCB 及有机氯农药,减少复杂的化学预分离步骤,具有灵敏度高,可靠性好,抗干扰性强,适合快速分析等优点<sup>[10]</sup>。内标法色谱/质谱(GC/MS)精确定量测定法则减少了由溶剂提取,样品前处理及色谱进样造成的误差,一个土壤样品中的 PCB 残留量,经四组平行提取,16次测定的变异系数是 3.0%<sup>[11]</sup>,达到了国际上的先进水平。

### 三、治理方案设计

经实地勘测,定量分析环境样品后,决定治理目标为:尽快封闭潜在污染源,消除已存在的 PCB 残留。

1.在国内无法安全销毁 PCB 材料以前,暂时将所有含 PCB 的电容器集中堆放在窑洞内,加固、密封并严格管理,以防二次污染的发生。

2.更换 A 区表层土(30cm),B 区周围的表层土(15cm),将遭污染的土壤加以封存。

3.在 B 区地面上覆盖 20cm 厚的新卵石水泥。

4.广种草坪、保持水土,工作区内不应种植食用植物。

5.定期检测 PCB 残留量的变化。

### 四、治理效果

完成治理工程一年后,对变电站内的 PCB 残留作跟踪监测的结果见表 3,8 个监测点的污染水平下降 6—1 万倍,土壤中 PCB 残留量仅略高于空白值,比土壤中 PCB 残留的最大允许值(50ppm)小 30 倍以上,基

本消除了污染,窑洞密封完好,无 PCB 泄漏发生。

治理前,二年站龄以上的变电站职工中多数有不正常反应,如肝炎、皮肤病(泡粒、粉红色症)及记忆力衰退、失眠、烦躁、心动过缓、不思饮食等症状、检修、试验人员下班后有头晕、头疼、恶心、呕吐的感觉,严重影响了职工的身体健康。

治理后工作环境改善,患病率下降,职工情绪稳定,工作效率提高,皮肤病患者已大多痊愈,肝炎患者基本稳定,变电站内外不再存在那股很浓的难闻气味。

表 3 330 变电站 PCB 残留检测结果

编 号	PCB 浓度 (ppm)		
	治理前	治理后	清洁区(麦积山)
1	740.22	0.066	0.01—0.037
2	1.15	0.081	
3	0.31	0.053	
5	2.80	0.159	
6	4.04	0.055	
8	0.79	0.036	

### 五、讨 论

选择一个典型变电站,建立了一整套土壤和大气中 PCB 的测定方法及污染治理规范,一年后的检测结果证实:污染基本消除、生产环境改善,职工体质明显改进,劳动生产率提高,保护了生态环境,避免了二次污染发生的可能性,具有显著的环境和社会效益。

国外处置含 PCB 材料的方法为:(1)化学处理,这是美国近年新发展的一种专利技术;(2)微生物吞食并降解,这是具有发展前途的新方法;(3)焚烧销毁,美国仅有六家公司获得政府许可,要求极高的焚化效率以避免二次污染,费用约 12 美元/加仑;(4)深埋贮存是美国在 80 年前唯一有效的商业规模 PCB 处理方式。我国作为发展中国家,还没有条件去建立工业规模的高技术化学及微生物处理设备,在尚无能力销毁

PCB 以前,将含 PCB 的材料尽量就地(非人口密集区)集中,安全地密封并严格管理,是切实可行、简便省钱的迅速解决我国变电站所 PCB 污染唯一可取的处置方法。

利用窖洞就近封存废电容器只是一个临时性的避免二次污染的权宜方案,建议有关单位能建立永久性的废物存放点。

天水供电局朱康民、孙吉鹏、刘学连、刘振邦、江朝模、李克斌、杜晓潮、邱伟民同志及中国科学院感光化学所康致泉、边雅明同志,生态环境中心李洪海王极德同志参加了部分工作、特此感谢。本课题还得到水利电力部钱八杰、陈恩远、刘国才、高荣功、董铸、杨校

生、孙书立同志的支持,在此一并致谢。

### 参 考 文 献

[1] Safe, S. *PCB'S Chemistry*. CRC Press Inc. 1974.  
 [2] 王极德等 中国环境科学,1(3),76(1981).  
 [3] 蒋可等 环境污染与防治,4,16(1983).  
 [4] 王极德等 环境科学丛刊 2(8),7(1981).  
 [5] Abbott, D.C. *Nature*, p.211,259(1966).  
 [6] 陈荣莉等,环境科学丛刊,1(3),43(1980).  
 [7] 蒋可等,环境科学丛刊,4(1),53(1983).  
 [8] 蒋可等,分析化学,10,711(1982).  
 [9] Webb, R.G. *J. Chromatogr. Sci*, 11,366(1973).  
 [10] 蒋可等,环境化学,1(4),274(1982).  
 [11] 蒋可等,环境化学,3(3),71(1984).

(收稿日期: 1988 年 8 月 19 日)

## 光合细菌对染料废水脱色的初步研究\*

吴国庆 杜恒利 张 琳 牛志卿

(太原工业大学环境与市政工程系)

**摘要** 从山西纺织印染厂废水处理曝气池活性污泥中分离到脱色性能较好的紫色非硫光合细菌,分别对 15 种染料进行了脱色试验,在黑暗厌氧条件下对 12 种染料具有较好的脱色作用,脱色率均达 75% 以上。测验了温度、pH 值等因素对脱色的影响并对脱色机理进行了初探。

### 前 言

印染废水所含染料种类繁多,化学结构复杂、色度较深、水质多变、COD 值较高。长期以来我国主要利用生化法处理,但对色度和 COD 去除率较低,常常达不到国家规定的废水排放标准。特别是近年来以石油化工产品和人工合成的芳香烃化合物为原料制成的染料与浆料的品种日益增多,使废水的可生化性降低。对于一些亲水性染料如活性染料及带正电荷的阳离子染料,在废水中呈溶解状态,即便使用凝聚剂也不易去除。因此脱色是印染废水处理的主要问题之一。工

业废水生化处理的效果在很大程度上依赖于处理系统中的微生物对废水所含污染物的降解转化能力。因此在废水处理系统中投加降解污染物的高效菌已成为工业污水生化处理中的一项新技术<sup>[1,2]</sup>。为了提高印染废水生化处理效果,我们曾自山西纺织印染厂生化处理系统的污泥中,分离到脱色效果较好的紫色非硫光合细菌。本文报道的是利用紫色非硫光合细菌混合菌株(简称 PSB)在不同生长条件下,对配制的染液进行分批培养的实验结果。

\* 红外光谱分析由中国科学院山西煤炭化学研究所韩京平等同志测试,特此致谢。

that the activity changes of SOD in a half of the samples was lower in the polluted area than in the control area. The factors that result in the activity changes of SOD have been discussed. (See pp. 22—26)

### Preservation of Water Sample Containing Se (IV) and Se(VI)

*Wu Dunshu* (Department of Applied Chemistry, Dalian Railway College): Zhang Jingyan and Liu Xinfang (Changchun Training School of Metallurgical Geology)

A new polarographic method has been used to study the effects of preserving conditions, such as materials of container, pH, temperature, and addition of fulvic acid, on the losses of Se(IV) and Se(VI) at the initial levels of 0.05—0.10 ppb in water samples during preservation. It has been found that, when the water samples were preserved at low temperature and added with fulvic acid under the acidic condition, quartz containers were the most suitable to be used for the purpose, and glass containers were the most unsuitable to do so while polythene ones were between them. The use of polythene bottles passivated with nitric acid for preserving the natural water, adjusting pH to 1.0 with  $\text{HNO}_3$ , has led to the levels of Se(IV) and Se(VI) almost without change for one month. (See pp. 26—30)

### A study on Concentrations of Microorganisms in the Atmosphere of Beijing and Tianjin areas

*Hu Qingxuan et al.* (Institute of Biotechnology, Academy of Military Medical Sciences, Beijing 100071)

Concentrations of airborne bacterial and fungous particulates in three sites in the Beijing and Tianjin areas were determined by a six-stage Andersen sampler modelled in our laboratory. Results showed that the average concentrations of bacteria in air were 3.02 CFU/L a year for Xidan, Beijing, 2.56 CFU/L for Fengtai Beijing, and 1.38 CFU/L for the seaside in Tanggu, Tianjin, and that the average concentration of fungi in air of Fengtai was 1.20 CFU/L a year. With respect to the temporal distribution of concentration of bacteria in air, there were two peaks, at 7:00 a. m. and 10:00 p. m., and two valleys, at 1:00 p. m. and 1:00 a. m. There had been similar pattern for the concentrations of bacteria which were collected on each stages inside the Andersen sampler. (See pp. 30—35)

### Effects of Low Level of $\text{SO}_2$ on Growth of Apple Tree Long-term Exposed to It

*Jiang Fang* (Shenyang Institute of Environmental Science)

The experiments have been conducted on the 11-year-old *Guoguang* apple trees during a growing period by exposing to low levels of  $\text{SO}_2$  in 4 top-open field cham-

bers with one chamber for each tree. The levels of  $\text{SO}_2$  in each chamber were 0, 0.10, 0.18 and 0.28  $\text{mg}/\text{m}^3$ , respectively. By the determination and analyses of the photosynthesis rate, area of leaf, unit weight of leaf and length of branches in one year old, it has been found that the exposure to 0.10  $\text{mg}/\text{m}^3$  of  $\text{SO}_2$  had no significant effect on the indicators studied, the exposure to 0.18  $\text{mg}/\text{m}^3$  had a slight effect, and the exposure to 0.28  $\text{mg}/\text{m}^3$  had a significant effect. (See pp. 35—38)

### Controlling the Source of PCBs Pollution at a Transformer Substation

*Jiang Ke and Chen Ronli* (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica, Beijing)

Some transformer substations are potential sources of PCBs pollution in China. PCBs will be released to the environment when the old power capacitors using PCBs as soaker are damaged. This paper deals with the harness of a typical source of PCBs pollution at Qin'an Transformer Substation. A set of GC/ECD and GC/MS methods have been used for accurate and rapid measurement of total PCBs. The assessment of soil and air quality in a typical substation at Qin'an has been completed. The practical options for PCBs pollution control have been designed based on the local conditions. The follow-up monitoring in one year after completing the harness shows that the pollution has been substantially controlled and the risk of PCBs contamination to human health has been minimized at the substation. (See pp. 43—46)

### Decolorization of Dyeing Wastewater Using Purple Nonsulfur Photosynthetic Bacteria

*Wu Guoqing et al.* (Taiyuan University of Technology, Shanxi Province)

The purple nonsulfur photosynthetic bacteria have been separated from the activated sludge in an aeration tank at Shanxi Textile Mill. The bacteria were used to decolor 14 kinds of dyeing wastewater, of which under anaerobic conditions 12 kinds of dyes were mostly decolorized. The efficiency of decolorization was higher than 75%. The influence of temperature, pH, etc. on the decolorization and the decolorizing mechanism have also been studied. (See pp. 46—50)

### Research on the Stability and Control of Pellicular Anaerobic Filtration Process

*Zhang Lifan* (Research Institute of Food and Fermentation Industry, Ministry of Light Industry)

The anaerobic filtration (AF) is the process in which organic matter is broken down under anaerobic condition to methane and carbon dioxide. In the process, bacteria attach themselves quickly upon filter media and (continued on p. 77)