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、邬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[1,2]. 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.

一、材料与方法

(一) 试验菌种

1. 菌种来源　PSB 分离样品采自山西纺织印染厂曝气池活性污泥及排污沟的污泥.

2. 培养条件　将分离到的菌株，接种到 YP[3] 或修改的 Van Niel 液体培养基中扩大培养. 培养温度 28—30℃，光照强度为 1000—3000lx，pH 为 7—7.5. 分批培养在 250ml 三角瓶中.

3. 接菌量及研究方法　常规 PSB 法处理废水时，处理系统中含菌量需保持在 10^8—10^9 个/ml. 实验菌种液与废水投加的比例为 1:3—4. 取培养 15—20 天的菌液，经 5000r/min 离心，弃去上清液，菌体湿重约 0.5—1g，以无菌操作接种于 100ml 的染液内，其中含 5ml，酵母抽提液，进行分批静止培养，定时测定.

(二) 试验水质

染料溶液利用蒸馏水配制成 1000 ppm，稀释使用.

(三) 测定

1. 色度　配制标准系列目视比色及采用 72 型分光光度计测定光密度对照.

2. COD_{cr} 采用快速重铬酸钾法.

3. 染液分子结构的测定　利用 FTS-15/90 型傅里叶变换红外光谱仪测定.

二、结果与讨论

1. PSB 对不同种染液的脱色效果.

试验结果说明(见表 1)、PSB 对直接，酸性、活性、碱性及阳离子蓝染料脱色效果较好. 在光照厌氧条件下培养 24 小时，阳离子蓝，弱酸性蓝及碱性橙在 10 小时以内脱色速度最快，色度去除率达 90% 以上. 酸性品红、普拉红及活性艳红在 10—24 小时以内脱色速度表现最大，色度去除率达 89% 以上. 脱色速度与染液浓度及菌体数量成正比 (见

表 1　PSB 对不同染料的脱色能力*

处理条件 / 脱色率 / 处理时间 / 名称	光照厌氧				黑暗厌氧		黑暗好氧	
	出水浓度 (ppm)		脱色率 (%)		出水浓度 (ppm)	脱色率 (%)	出水浓度 (ppm)	脱色率 (%)
	8h	24h	8h	24h	24h	24h	24h	24h
直接大红 4BS	—	0.8	—	96	0.8	96	7.5	62.5
直接桃红 12B	—	1.7	—	91.5	0.5	97.5	—	—
直接冻黄 G	—	0	—	100	0	100	—	—
酸性媒介棕 RHI	—	10	—	50	10	50	16	20
弱酸性蓝 GR	0.8	0.2	96	99	0	100	7.28	63.6
酸性红 BRN	—	0.8	—	96	0.5	97.5	—	—
酸性品红 6B	7.2	1	64	95	0.6	97	17.2	14
活性艳红 X-3B	7.9	1.3	60.5	93.5	1	95	10	50
活性翠蓝 KNG	—	11.5	—	42.5	4.8	76	19.3	3.5
中性黑 BGL	—	6.23	—	68.8	4.8	76	—	—
碱性橙	—	0	—	100	0	100	—	—
普拉红 10B	9.1	2.1	54.5	89.5	1	95	—	—
分散蓝	—	16	—	20	14.5	27.5	—	—
阳离子蓝 RL	0.95	0	95	100	0	100	2.6	87
阳离子红 FG	—	19	—	5	10	50	19	5

* 染液浓度 20ppm，温度 28—30℃.

表 2). 对于分散蓝，士林蓝很难脱色. 对于不同种红色染液，经 PSB 法处理均转化成淡黄色.

PSB 是一种兼性光合厌氧细菌，在光照厌氧、黑暗厌氧及黑暗好氧条件下，通过不同方式均能获得能量. 在好氧黑暗条件下比在光照厌氧条件下，能较快地生长繁殖，分解有机物的能力也较大[4]. 唯厌氧黑暗条件下由发酵或脱氮取得能量少，生长繁殖最慢. 但应用 PSB 做为脱色菌，对于某些种类的染液在厌氧黑暗条件下脱色效果甚至高于光照厌

表 2 投菌量对脱色的影响*

菌液数量 (ml)	出水浓度 (ppm)	脱色率 (%)
90	0	100
80	0	100
70	1	99
60	13.5	86.5
50	35	65
40	42.5	57.5
30	51	49
20	62	38
10	83	17

* 活性艳红 X-3B，染液浓度 100 ppm，无光厌氧，停留时间 48h.

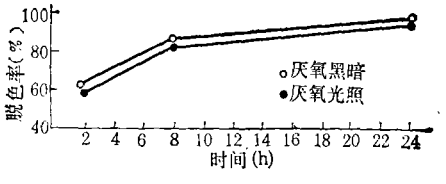


图 1 不同条件下色度的去除结果活性艳红 X-3B，染液浓度 50ppm，28—30℃培养 24h 测定结果

氧(表 1、图 1). 共轭型阳离子染料例外，在光和热作用下，可活化阳离子基团，破坏染料结构和发色系统而导致光敏脱色[5]. 从节省能源及减少设备资金考虑，应用 PSB 法处理印染废水最好选用厌氧处理.

2. PSB 处理不同种染液 COD_{Cr} 的去除结果.

由表 3 可见经 PSB 处理 24，小时 COD_{Cr} 去除较低，为 13—69%，静止停留 48 小时，COD_{Cr} 去除率达 43—81%. 与处理其它高浓度有机废水结果一致，其生化需氧量较高，常不能达到排放标准，需进行后续处理[6].

表 3 不同种染液 COD_{Cr} 的变化*

染料种类	进水 COD_{Cr} (mg/l)	培养 24h		培养 48h	
		出水 (mg/l)	去除率 (%)	出水 (mg/l)	去除率 (%)
酸性品红	2083.2	1171.2	44	643.2	69
酸性媒介棕	1843.2	1123.2	39	835.2	55
弱酸性蓝	1699.2	1123.2	34	614.4	64
直接桃红	2860.8	883.2	69	547.2	81
碱性橙	2083.2	931.2	55	604.8	71
阳离子蓝	1584.0	1123.2	29	403.2	75
分散蓝	1747.2	1267.2	27	1219.2	43
士林蓝	1795.2	1555.2	13	—	—

* 培养条件：光照厌氧.

3. pH 值 对脱色效果的影响.

PSB 生长的最佳 pH 范围是 6—9，由图 2 可见 PSB 在 pH6—10 范围内脱色效率均在 80% 以上，最适 pH 范围在 7—9.

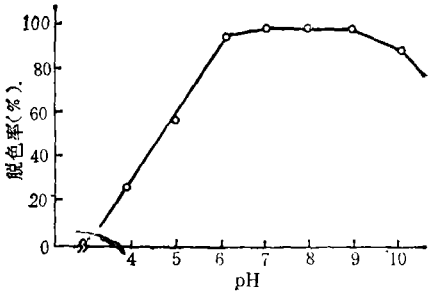


图 2 pH 值对脱色的影响活性艳红 X-3B，染液浓度 50ppm 28—30℃ 黑暗厌氧处理 24h

4. 温度对脱色效果的影响.

由图 3 可见，PSB 在温度 15—45℃ 时脱色率均达 75% 以上. 因此说明 PSB 对温度适应范围较宽. 15℃ 时其脱色速率减慢，比适宜温度处理时间延长 1—3 倍左右，但脱色效果不减. 在一定范围内随着温度升高而 PSB 活性与脱色效率增加. 一般印染废水排水温度为 25—40℃ 左右，正适宜 PSB 生长发育.

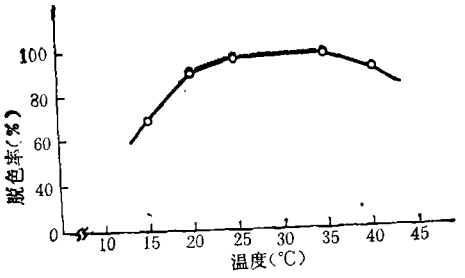


图 3　温度对脱色的影响活性艳红 X-3B，染液浓度 50ppm，pH7—8，黑暗厌氧静止 24h

5. 碳源对脱色的影响.

由表 4 可见，PSB 一般不能利用染液作为碳源，在不投加营养的情况下不能生长，因而无脱色效果，但阳离子蓝及碱性橙例外. 阳离子蓝是因为光敏作用导致脱色，而碱性橙为何能在无营养条件下脱色，有待进一步研究.

表 4　碳源对脱色的影响*

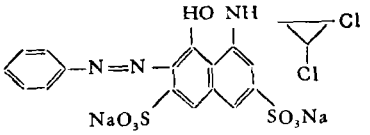
培养条件 / 脱色率 / 染料名称	未投加营养		投加营养	
	出水浓度 (ppm)	脱色率 (%)	出水浓度 (ppm)	脱色率 (%)
弱酸性蓝	10	0	0.2	98
酸性品红	10	0	0.6	94
碱性橙	0.5	95	0.6	94
酸性媒介棕	10	0	8.5	15
士林蓝	10	0	10	0
直接桃红	10	0	0.5	95
阳离子蓝	1.2	88	0.2	98

* 活性艳红 10ppm，有光厌氧，停留 24h，营养物为酵母抽提液.

6. 活性艳红 X-3B 及中性黑 BGL 的红外光谱分析.

物质的颜色是它对各种光波选择吸收的结果，而一种物质对光的选择吸收又与其化学结构有关. 分子中含有不饱和结构的发色团，助色团与苯、蒽、萘与芳烃连接组成共轭体系. 共轭链越长，所选择吸收光的频率越短. 如所选择吸收的光在可见区范围内就是一种有色物质[7].

活性艳红 X-3B 分子结构式为



是单偶氮染料. 中性黑 BGL 分子结构式为:

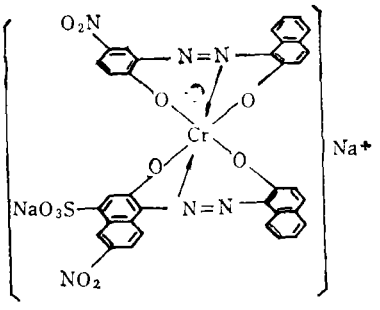


图 4

是单偶氮 2:1 金属络合染料. 经红外光谱分析结果见图 5—8. 二种染料分析结果基本相同. 图 5、图 7 为两种原水样，在 1620cm^{-1}，有 —N=N— 吸收，1535cm^{-1}，1490cm^{-1}为芳烃吸收. 经 PSB 处理 24 小时以后出水的红外光谱分析见图 6、图 8. 无偶氮双键及苯环的吸收，而产生新的官能团. 如活性艳

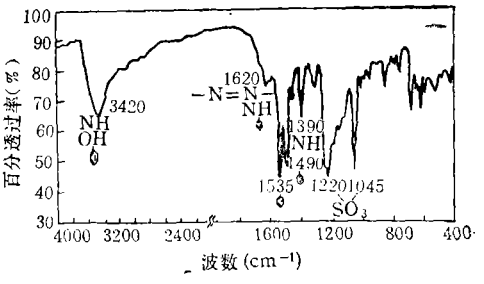


图 5　活性艳红 X-3B 原水样红外光谱

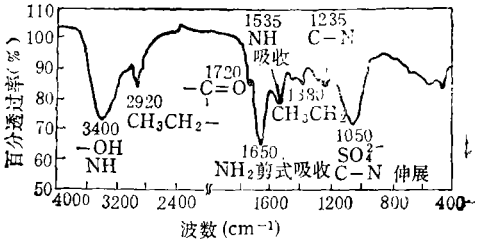


图 6　活性艳红 X-3B 出水样红外光谱

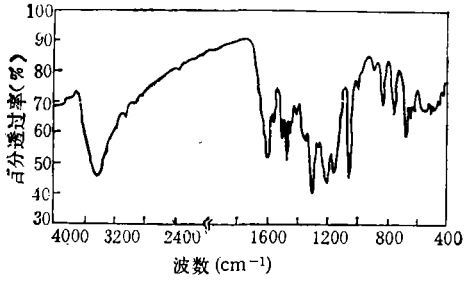


图 7　中性黑 BGL 原水样红外光谱

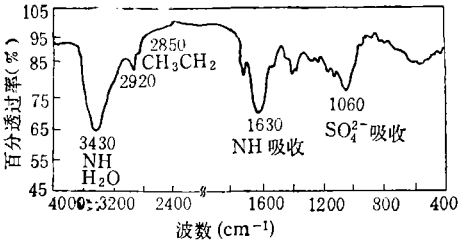


图 8　中性黑 BGL 出水样红外光谱

红出水的红外光谱，3400cm^{-1} 为 —NH、OH 吸收．1720cm^{-1} 为 $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$ 吸收，1235cm^{-1} 为 C—N 吸收，2920，2850，1450，1380cm^{-1} 为 $-CH_2CH_3$ 吸收．从分析结果说明 PSB 在厌氧条件下能破坏染液的发色结构，偶氮双键被还原裂解形成胺类，而芳香烃化合物的开环是否进一步氧化形成 $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$ 类化合物，有待进一步检验．由于偶氮双键及苯环均已断裂，染料的共轭体系被打断，从根本上破坏了废水中的有色物质．但不同种红色染液经 PSB 处理后均转化成淡黄色，该黄色物质是何种化学成份未得到证实．

三、小　结

应用 PSB 作为脱色菌，在厌氧黑暗条件下对高浓度单一染料配水，脱色率较高，一般在 80% 以上．特别是对难以处理的水溶性偶氮染料脱色能力较强．但经 PSB 法处理的印染废水，常存在有光合色素颜色，通入少量氯气或加入次氯酸钠立即退色，并可去除一部分 COD_{Cr}．

影响脱色率的主要因素是温度，pH 值及菌体数量．PSB 对 pH、温度及盐分适应范围广，对酚及氰的耐毒力强，对营养要求不严格，可在营养状况贫乏条件下进行处理，氮和磷为一般废水处理的 1/2 和 1/4[8]．通过实验证明 PSB 不能以染料作为唯一碳源，助染剂醋酸钠或投加少量生活污水可作为营养源，其脱色效率不减．因此，应用 PSB 作为脱色菌株进行厌氧处理印染废水，不仅节省能源，设备投资省、占地面积少、降低水处理成本，同时又便于管理，是一种值得探索的新途径．结合 PSB 的生物学特性，如何更好地应用于处理系统中有待进一步研究试验．

参 考 文 献

[1] Cook, J., *water and waste Treatment Jounal*, 26(1),(1983).
[2] 鲜海军等，环境污染与防治，2,9(1988).
[3] 吴永强等，微生物通报，11(1),17(1984).
[4] 潼口　洋，水处理技术，20(9),29(1979).
[5] 黄奕秋，晴纶染整工艺，100 页，纺织工业出版社，1983 年.
[6] 北村　博，PPM-1976/8，32～47.
[7] 季鸿崑等，有机化学(下册)，167 页，上海科学出版社，1983 年.
[8] 浙江省轻工业研究所，中国环境科学，5(5)，59(1986).

(收稿日期：1989 年 1 月 4 日)

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 Dushu (Department of Applied Chemistry, Dalian Railway College): Zhang Jingyan and Liu Xiufang (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 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, Acadamy of Military Medical Sciences, Beijing 100071)

Concentrations of airbone bacterial and fungous particales 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 SO_2 on Growth of Apple Tree Long-term Exposured to It

Jiang Fang (Shenyang Institute of Environmental Science)

The experiments have ben conducted on the 11-yearold *Guoguang* apple trees during a growing period by exposing to low levels of SO_2 in 4 top-open field chambers with one chamber for each tree. The levels of SO_2 in each chamber were 0, 0.10, 0.18 and 0.28 mg/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 mg/m^3 of SO_2 had no significant effect on the indicators studied, the exposure to 0.18 mg/m^3 had a slight effect, and the exposure to 0.28 mg/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 demaged. 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 decolored. The efficiency of decolorization was higher than 75%. The influence of temperature, pH, etc. on the decolourization and the decolourizing mechanism have also been studied. (See pp. 46—50)

Research on the Stability and Control of Pelelith Anaerobic Filtration Process

Zhang Lifen (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)