

# 液可清微生物制剂修复西坝河水试验

王丽风, 邓柳, 胡开林, 陈玉松, 王浩, 韩冰, 党艳

(昆明理工大学环境科学与工程学院, 云南 昆明 650093)

**摘要** 液可清是美国生态实验室研发的一种微生物制剂, 利用液可清对受污染的西坝河进行修复, 试验结果表明, 投加液可清制剂 3 周后, 修复河段内的 BOD<sub>5</sub>、TN、TP 和浊度分别下降了 43.9%、46.3%、25.5% 和 43.6%。分析了污染物去除效率不高的原因, 指出了较低的温度、未采用固定化技术和底物浓度不高可能是影响处理效率的重要因素。

**关键词** 液可清; 生物制剂; 西坝河; 污水处理

中图分类号: X703 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2006)06-0064-04

## Remediation of Xiba River by Aqua Clean (ACF32) microbiological preparation

WANG Li-feng, DENG Liu, HU Kai-lin, CHEN Yu-song, WANG Hao, HAN Bing, DANG Yan

(College of Environmental Science and Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

**Abstract** Aqua Clean (ACF32) is a kind of microbiological preparation developed by the ecological laboratories in the USA. After the remediation of pollution in Xiba River by using Aqua Clean for three weeks, it showed that the concentrations of BOD<sub>5</sub>, TN, TP, and turbidity were reduced by 43.9%, 46.3%, 25.5%, and 43.6% respectively. The reasons of low removal efficiency were analyzed. And it is pointed out that low temperature, no immobilized biosystem, and low organic substance may be the reasons of the low removal efficiency.

**Key words** Aqua Clean (ACF32); microbiological preparation; Xiba River; sewage disposal

微生物制剂是指将从自然界中筛选出来的或人工培育的、具有特定降解功能的微生物制成菌液制剂, 或将其附着在载体上制成干粉制剂<sup>[1]</sup>, 以改善环境状况和强化处理系统稳定、高效为目标, 通过菌群构建等科学方法得到的具有特殊功能的生物制品。近几十年来由于工业的不断发展, 新技术、新材料的不断使用, 环境中的污染物变得更加复杂, 特别是大量的人工合成化合物进入环境, 由于这些物质本身结构的复杂性和生物的陌生性, 在短时间内不能被环境中原有的微生物分解利用, 同时由于这类物质的主要成分大多是难降解有机物, 传统的废水处理方法已不能有效地加以去除。另外, 由于城市的不断发展, 城市用地逐年紧张, 传统的污水处理工艺流程长、占地面积大、操作复杂等矛盾也日趋突

出。而微生物制剂添加技术由于可以极大地发挥微生物的潜力, 有效地解决这些问题和矛盾, 已经成为极具发展前景的水处理技术。

微生物修复是指利用特定的微生物吸收、转化、清除或降解环境污染物, 实现环境净化、生态效应恢复的生物措施<sup>[2]</sup>。利用微生物制剂修复污染水体能迅速提高工作效率, 同时具有使用安全, 操作简单、方便, 可以随时的处理污染, 节省能源等优点。事实上在大多数环境中许多土著微生物都在进行着自然净化过程, 只是该进程的速度很慢。为了快速去除污染物, 本试验采用投加外源微生物修复河流水体, 净化水质的方法。投加的微生物制剂不会破坏水体的生态平衡, 而且是有益菌, 不污染环境, 还可作为水中鱼、虾等的饵料, 预防水生禽类疾病, 促进生物

生长。而当水体中的有机物被微生物降解到一定程度时,水体中的营养物得到控制,污染得到治理,此时微生物的生长由于缺乏营养而受到抑制,不会造成微生物的大量繁殖污染水体<sup>[3]</sup>。

## 1 试验

### 1.1 试验材料

实验中所采用的微生物制剂液可清是美国研制的一种由 32 种活菌构成的混合体,专用于处理工业、农业和生活中的有机污染废水。液可清中所包含的有机微生物体是一些非毒性、非病原性的活细菌,悬浮在一种对人类、动物、植物及任何水产养殖物均不造成刺激的液态媒介里。液可清中的细菌一直保持成菌状态,可以快速适应各种环境条件,而且其不同细菌成分的组合,能够在有氧和无氧的条件下灵活地处理各种系统中高度复杂的有机成分。对减少水体的臭味,降低水中的有机物浓度有很好的效果。

### 1.2 试验方法

试验时间为 2004 年 11 月至 2005 年 3 月,试验地点设在西坝河滇池入湖口前大约 600 ~ 1 600 m 处。西坝河位于昆明市区西部,污染源为西坝河城内沿线及城外沿河 10 余村庄的生活污水,多年的平均流量约为 0.38 m<sup>3</sup>/s (3.3 万 m<sup>3</sup>/d),河水呈灰色或淡黑色,有异味。试验前(2004 年 3 月 29 日)西坝河的水质监测指标见表 1。

表 1 修复前西坝河水质指标

$\rho(\text{BOD})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{COD})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TN})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TP})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{SS})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	浊度	pH 值
64.4	176	28.1	2.58	63.0	130	7.29

在试验河段内设 4 个投药点(1~4) 4 个监测点(A~D)如图 1 所示。微生物制剂的投加采用多次投加的方式,每周投加 1 次,投加量按前期实验室得到的最佳结果 0.8 mL/(m<sup>3</sup>·d)进行,见表 2。

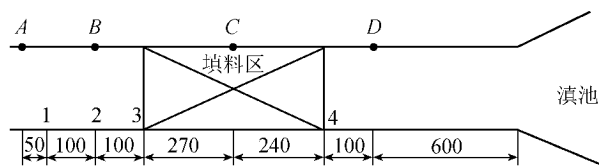


图 1 试验河段(单位:m)

表 2 每周投加量

投药点	1	2	3	4
投加量/L	15	15	120	35

由于采用直接投加的方式,为防止液可清微生物大量向下游滇池内流失,在距滇池入湖口 700 ~ 1 310 m 处设置有生物载体填料管,以便液可清细菌停留繁殖。载体填料管采用 UPVC 硬质聚氯乙烯

料管 DN100,填料管内填充弹性填料 120 mm × 0.35 mm。填料管如图 2 所示。

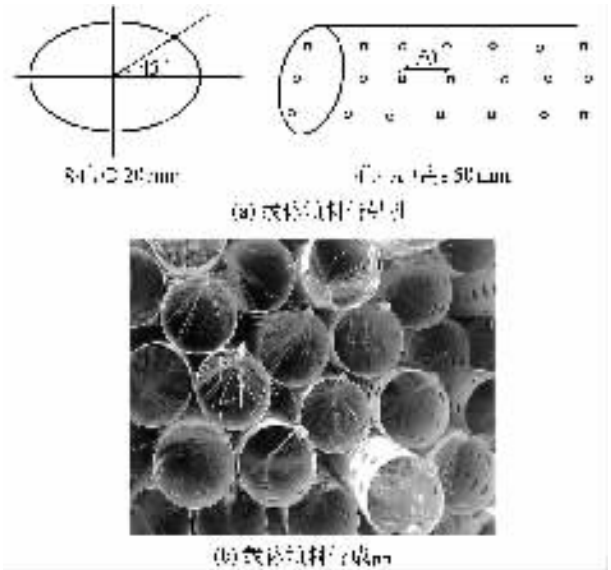


图 2 载体填料管

## 2 试验结果与讨论

投加液可清微生物制剂前,西坝河试验段的河水呈黑褐色,河岸边可以闻到明显的恶臭味,试验 1 周后,臭味减轻,到第 3 周基本闻不到臭味,河水也由黑褐色转为灰色,透明度也有所升高(由原来的 0.2 m 升高到 0.6 m 左右),而在投加药剂的上游河段河水依然为黑色,恶臭味也不见减轻。

### 2.1 液可清对 BOD<sub>5</sub> 的影响

BOD<sub>5</sub> 的测定采用稀释接种法。由图 3 可以看出投加液可清制剂后的第 1 周 A、B、C、D 4 个点的 BOD<sub>5</sub> 值几乎相同,第 2 周 D 点的 BOD<sub>5</sub> 值明显低于其他点,而试验进行到第 4 周以后各点之间的差别愈加明显,处于投加点下游的 C、D 两点的 BOD<sub>5</sub> 值都较 A 点低得多。在试验进行到第 4 周时,由于上游有一养殖鱼塘向河道内排放清洗底泥的泥水,出现 BOD<sub>5</sub> 值突然增高,此时 A 点的 BOD<sub>5</sub> 质量浓度为 65.5 mg/L,处于下游的 D 点 BOD<sub>5</sub> 质量浓度为 34.9 mg/L,低于试验开始前的 39.4 mg/L,说明试验河段已经有了一定的耐冲击负荷能力。在整个试验

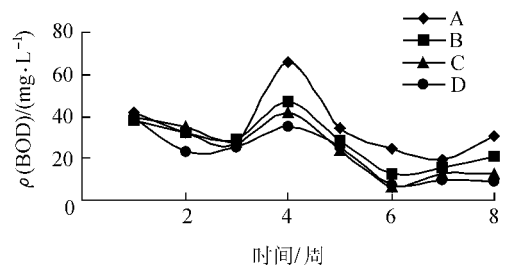


图 3  $\rho(\text{BOD})$  随时间变化曲线

期间 A 点的 BOD<sub>5</sub> 质量浓度平均值为 34.5 mg/L ,D 点的 BOD<sub>5</sub> 质量浓度平均值为 19.4 mg/L ,平均去除率为 43.9%。

## 2.2 液可清对 TN 的影响

TN 的测定采用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法。由图 4 可以看出 ,与 BOD<sub>5</sub> 的曲线一样在试验刚开始时 4 个点的 TN 值几乎相等。试验期间虽然 A、B、C、D 4 点的变化曲线几乎是同步的 ,但 C、D 的曲线一直在 A、B 的下方 ,从第 5 周开始各点之间的差值逐渐减小 ,这大概是由于液可清能处理的 TN 质量浓度下限值就在 7 mg/L 左右。在整个试验过程中 A 点的 TN 质量浓度平均值为 20.96 mg/L ,D 点的 TN 质量浓度平均值为 11.26 mg/L ,平均去除率为 46.3%。同样由于鱼塘污水的排放 ,第 4 周 TN 值出现突增。

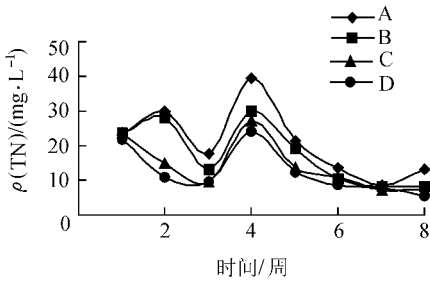


图 4  $\rho(\text{TN})$  随时间变化曲线

## 2.3 液可清对 TP 的影响

TP 的测定采用钼锑抗分光光度法。由于试验河段的 TP 值不高且较稳定 ,投加液可清药剂后虽然下游的 C、D 两点的 TP 值较 A 点的有所下降 ,但是下降的幅度并不大。试验期间 A 点的 TP 质量浓度平均值为 1.91 mg/L ,D 点的 TP 质量浓度平均值为 1.42 mg/L ,去除率 25.5%。见图 5。

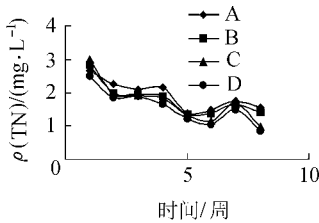


图 5  $\rho(\text{TP})$  随时间的变化曲线

## 2.4 液可清对浊度的影响

浊度的测定采用 GDS-3B 光电式浊度仪测定。试验前 4 周水的浊度较高 ,后几周浊度下降了不少。试验期间 A 点的平均浊度为 39.1 ,D 点的平均浊度为 22.0 ,其中最低浊度达 2.8 ,平均去除率为 43.6%。见图 6。

## 2.5 结果分析

由于河流填料区段的河面较宽 ,水流较缓 ,且水

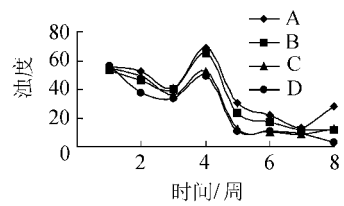


图 6 浊度随时间变化曲线

中设有载体填料管 ,微生物易于在此停留、繁殖 ,因此此段及其下游水质改善比较明显。试验开始前 A、B、C、D 4 点的 BOD<sub>5</sub>、TN、TP、浊度几乎都是相等的 ,TP 浓度甚至出现下游比上游更高的现象 ,而试验 2 周后 ,从上游沿河而下各点 4 个指标的浓度都依次降低 ,这说明液可清菌体已经从一定程度上加强了河流的自净能力。而且从第 5 周开始 C、D 2 点的各指标变化曲线都比较平缓 ,试验河段的出水还比较稳定 ,这表明河流的耐冲击能力也有了一定的提高。

考察各指标的去除效果可以看到 ,在试验期间虽然河流投药点下游的 BOD<sub>5</sub>、TN、TP、浊度较投药点上游的有所降低 ,但降低的幅度都不大 ,其去除率都没有超过 50%。分析原因可能主要有以下几个方面 :

a. 试验在冬季进行 ,气温较低 ,西坝河边的平均气温为 8℃ ,平均水温为 10℃ ,微生物的活性受到抑制。

b. 虽然设置了载体填料管 ,但由于采用多次投加的方式 ,液可清微生物菌体并没有事先固定在填料管上 ,而是将填料管固定在水中 ,投加时让液可清菌体自行附着在填料管上 ,因此具有一定的随机性。由于没有采用固定技术 ,液可清微生物在处理河段内只有少部分形成絮凝体 ,大部分仍以游离状态存在 ,部分菌体会向滇池内流失 ,部分菌体可能被微型动物捕食 ,导致菌体的流失。

c. 由于河段内 COD 质量浓度平均值为 82.9 mg/L ,BOD<sub>5</sub> 质量浓度平均值为 34.5 mg/L ,有机物质浓度不高 ,微生物可利用生长的底物浓度太低 ,不够维持其生长、繁殖 ,因而投加的细菌难以大量繁殖。

d. 投加的微生物细菌没有系统中原有菌的竞争能力强 ,不能强有力地摄取有限的营养物质 ,形成优势群体。

e. 投加微生物的河流环境复杂 ,环境的改变使投加细菌的特殊降解活性降低。

因此今后在温度较高的季节进行微生物制剂的添加、采用微生物固定技术来防止菌种的流失和保持菌种在系统中的数量和活性以及保证一定的底物浓度 ,是投加外源性微生物进行水体修复的关键。

### 3 结 论

a. 液可清微生物制剂可以很快去除污染水体的臭味,在较短的时间内加强污染水体的自净能力,并且使水体的耐冲击能力提高,对恢复水体的生态功能具有较好的效果。

b. 虽然液可清对污染物的去除效率没有达到理想的要求,但是在有机物质浓度较低的情况下,液可清细菌仍能发生作用,并且使造成富营养化的氮、磷浓度得到降低,这对治理湖泊、水库的富营养化还是有一定价值的。

### 参考文献：

- [1] 马放 杨基先 金文标. 环境生物制剂的开发与应用 [M]. 北京: 化学工业出版社 2003.9-31.
- [2] 沈德中. 污染环境的生物修复 [M]. 北京: 化学工业出版社 2002.12-26.
- [3] 庞金刘 杨宗政 曹式芳. 微生物试剂在城市湖泊水体生物修复中的作用 [J]. 环境污染与防治, 2003, 25(5): 301-303.

(收稿日期 2005-04-13 编辑 舒 建)

(上接第 42 页)

表 2 陕西省主要河流径流量

河流	流域面积/ km <sup>2</sup>	年径流量/亿 m <sup>3</sup>			河流	流域面积/ km <sup>2</sup>	年径流量/亿 m <sup>3</sup>		
		多年平均	P = 75%	P = 95%			多年平均	P = 75%	P = 95%
窟野河	8706	6.76	5.07	3.58	居 水	1083	0.65	0.47	0.33
秃尾河	3294	2.30	1.55	1.10	渭 河	33262	70.24	50.76	34.47
葭芦河	1134	0.75	0.51	0.36	泾 河	9391	20.13	15.43	11.24
无定河	21859	15.29	12.69	10.70	北洛河	24455	9.97	7.82	5.78
清涧河	4080	1.88	1.26	0.88	伊洛河	3064	7.50	4.47	2.66
延 河	7687	2.92	2.29	1.70	嘉陵江	9930	94.33	66.15	43.79
云岩河	1785	0.46	0.32	0.23	汉 江	54783	275.19	202.20	129.40
仕望河	2356	1.00	0.67	0.47	丹 江	7551	17.06	10.37	6.30

表 3 陕西省水环境容量

万 t/a

地区	最枯月流量				枯水期平均流量			
	P = 95%		P = 75%		P = 95%		P = 75%	
	COD	NH <sub>3</sub> -N	COD	NH <sub>3</sub> -N	COD	NH <sub>3</sub> -N	COD	NH <sub>3</sub> -N
全省	8.045	0.644	12.023	0.962	13.352	1.068	20.349	1.628
关中	2.373	0.190	3.547	0.284	3.939	0.315	6.003	0.480
西安	0.732	0.059	1.093	0.087	1.214	0.097	1.850	0.148
铜川	0.066	0.005	0.099	0.008	0.110	0.009	0.167	0.013
宝鸡	1.153	0.092	1.724	0.138	1.914	0.153	2.917	0.233
咸阳	0.162	0.013	0.242	0.019	0.268	0.021	0.409	0.033
渭南	0.251	0.020	0.375	0.030	0.416	0.033	0.635	0.051
陕南	4.746	0.380	7.093	0.567	7.878	0.630	12.006	0.960
汉中	2.344	0.188	0.503	0.280	3.890	0.311	5.929	0.474
安康	1.642	0.131	2.455	0.196	2.726	0.218	4.154	0.332
商洛	0.768	0.061	1.148	0.092	1.275	0.102	1.943	0.155
陕北	0.925	0.074	1.383	0.111	1.536	0.123	2.340	0.187
延安	0.330	0.026	0.494	0.040	0.549	0.044	0.836	0.067
榆林	0.595	0.048	0.889	0.071	0.987	0.079	1.504	0.120

### 参考文献：

- [1] 国家环保局. 环境背景值和环境容量研究 [M]. 北京: 科学出版社 2001: 1-23.

- [2] 傅国伟. 河流水质数学模型 [M]. 北京: 中国环境科学出版社 2002: 24-36.

- [3] 张永良 刘培哲. 水环境容量综合手册 [M]. 北京: 清华大学出版社 2001: 51-62.

(收稿日期 2005-03-30 编辑 舒 建)