

文章编号 :1671 - 6833( 2002 )03 - 0033 - 04

苏湾稳定塘生态处理工程的研究与设计

何争光<sup>1</sup>, 买文宁<sup>1</sup>, 刘 寅<sup>2</sup> 谢丽娜<sup>3</sup>

( 1. 郑州大学环境与水利学院 ,河南 郑州 450002 ; 2. 新密市环境保护局 ,河南 新密 452370 ; 3. 郑州市环境监测站 ,河南 郑州 450007 )

摘 要 :研究了采用生态技术治理双洎河污染的必要性与可行性 ,设计出一种适合在我国经济欠发达地区使用的生态处理工程 .实验表明 ,在停留 24 h 时 ,COD<sub>Cr</sub> 的去除率可达 58.8% ,超过 24 h 时 ,增加不明显 ,SS 的去除率在停留 24 h 时可达 50.7% ,而在 36 h 后增加不明显 .将水利工程和污水处理厂设计技术运用到稳定塘设计之中 ,使塘内水流状况得到有效改善 ,净化效率明显提高 .实际监测表明 ,生态处理工程不会对地下水造成影响 .该工程与原拟建的污水处理厂方案相比 ,不仅满足了目前 COD 的削减目标 ,而且投资小、建设周期短 .

关键词 :双洎河 ;稳定塘 ;总量控制 ;工程设计 ;造纸污水

中图分类号 :X 703 文献标识码 :A

双洎河是新密市境内的第一大河 ,也是淮河的源头之一 .新密市有造纸厂 220 多家 ,其中有 150 多家集中在素有“ 中国造纸第一镇 ”的大隗镇 .其产品几乎都是利用再生纸为原料生产瓦楞纸、牛皮挂面纸等 .在无雨季节 ,河水几乎全是由造纸废水、煤矿废水和少量生活污水组成 ,成了实实在在的排污沟 .表 1 列出了苏湾断面 1997 ~ 1999 年三年间平均水质指标 .按照淮河流域污染物总量控制方案 ,新密市双洎河出境水的总量控制目标是 COD<sub>Cr</sub> 总量不得超过 5355 t/a ,COD<sub>Cr</sub> 浓度应不大于 120 mg/L ,而 COD<sub>Cr</sub> 实际平均值为 372 mg/L .因此 ,双洎河成了河南省的重点治理项目 ,并限期完成 .为此 ,有关单位提出了多种治理

方案 ,但都是以建设污水处理厂为目标 ,包括投资 1.2 亿元的污水处理厂工程、投资 5000 万元的深井曝气工程等 .我们认为运用生态处理技术治理污水正逐渐成为当代的主流<sup>[1]</sup> .即使在发达国家 ,也是优先采用稳定塘、土地处理等生态处理方法<sup>[2]</sup> .本研究的特点在于将生态技术与工程设计优势互补 ,研究设计一种适合在我国经济欠发达地区使用的 ,既可满足目前 COD 削减目标 ,又投资小、建设周期短的生态处理工程 ,将其作为污水处理厂的过渡措施 .经过河南省省、市有关专家的几次论证 ,最后采纳了这个方案 .该工程仅投资 360 万元 ,经过三个月的建设 ,现已建成并投入运行 ,实际监测表明达到了预期效果 .

表 1 苏湾断面 1997 ~ 1999 三年间平均水质情况

Tab.1 The average values of some water quality from 1997 to 1999 in Suwan

时间	流量/ ( m <sup>3</sup> /s )	COD <sub>Cr</sub> / ( mg/L )	BOD <sub>5</sub> / ( mg/L )	F <sup>-</sup> / ( mg/L )	Cr <sup>6+</sup> / ( mg/L )	CN <sup>-</sup> / ( mg/L )	S <sup>2-</sup> / ( mg/L )	As/ ( mg/L )	Ar - OH/ ( mg/L )	SS/ ( mg/L )	NH <sub>3</sub> - N/ ( mg/L )
1997 年	1.446	384	111	5.2	0.01	0.014	3.01	0.018	0.062	407	1.25
1998 年	1.077	363	121	3.8	0.02	0.016	1.92	0.013	0.028	438	0.30
1999 年	0.801	370	50	1.3	0.01	0.005	2.64	0.08	0.008	402	0.65
1997 ~ 1999 年	1.108	372	94	3.4	0.01	0.012	2.62	0.03	0.033	416	0.73

# 1 稳定塘生态处理工程的研究

## 1.1 稳定塘工艺的可行性

稳定塘是利用稀释沉淀、生物降解和水生植物的光合作用来降解污水的.它能够有效地用于生活污水和各种有机工业废水的处理,能够适合各种气候条件,能够用作一级、二级,也可用作三级处理<sup>[3]</sup>.据统计,目前全世界已有近 50 个国家上万座稳定塘系统在运行.我国从 50 年代开始至 1990 年已建成 113 座.“八五”国家科技攻关仍列项继续深入研究<sup>[4]</sup>.

新密市气候属暖温带大陆性气候,气候干燥、雨雪较少、四季分明,年平均气温 14.3℃,七月份最高气温 42℃,无霜期 222 d,年均日照 2134 h,年平均日照百分率为 49.4%,全年太阳辐射总量达 477.5 kJ/cm<sup>2</sup>,年平均降水量 658.4 mm,多集中在夏季.气候条件很适合建设稳定塘.根据双洎河的地形地势以及纸厂分布情况,在苏湾村附近一片较大的河滩地上建设生态稳定塘具有得天独厚的条件.附近村庄的地面比稳定塘高约 5~20 m;钻探表明,距地面 10 m 以下为红胶泥土质,有很好的防渗效果;另外,几乎所有的造纸厂均在苏湾村的上游,因此,该稳定塘可有效地控制出境水的污染物浓度.

## 1.2 停留时间与去除效果

目前,正常平均流量约 1.1 m<sup>3</sup>/s.经计算,在稳定塘中理论水力停留时间约 103 h 或 4.3 d.为了获得去除率的有关数据,我们在苏湾断面取河水水样,静置沉淀,分别在不同时间测定其去除率,其结果见表 2.从表中数据可以看出,COD<sub>Cr</sub> 的净化效果十分明显,在停留 12 h 时去除率可达 45.7%;停留 24 h,去除率可达 58.8%;超过 24 h,无明显去除.SS 的去除率在 24 h 时可达 50.7%,而在 36 h 后无明显去除.由于稳定塘的初期停留时间可达 103 h,即使使用几年后,库容减少一半时仍有 50 h 的停留时间.因此,COD<sub>Cr</sub> 和 SS 的去除率仍有可能超过 50%.

由于实验的停留时间只有不足 3 d,因此净化的主要机理是沉淀,而生物降解的作用较小.由于在纸板制造过程中加入了胶料,所以以回收纸为原料造纸的污水中的 COD 多数是由胶体物质产生的,排入河流后与煤矿污水带来的简单的和多核的金属离子混合后发生了压缩双电层和吸附电中和作用,再通过河水中及河床底泥中腐殖质等有机物的助凝作用使胶体颗粒脱离稳定状态,经

河水的水力搅拌并发生碰撞而形成矾花,在稳定塘内缓流状态下,这些矾花逐步形成大颗粒,并最终沉淀下来.当稳定塘运行几个月后,生物体会大量形成,生物降解的作用会逐渐上升,净化效果也将会比实验的要好.SS 在 36 h 后才达到较高的去除效果,这是因为双洎河水中的悬浮物主要是纸上流失的造纸纤维,很细、很轻,又因为在实验时没有添加任何混凝剂,完全靠河水的自絮凝作用,所以,沉淀完全需要较长的时间.另一方面,当河水中污染物浓度下降时,稳定塘的净化效率也不会下降,这是因为当河水中胶体物质的浓度下降时,由煤矿废水等带入的、且作为混凝剂的金属离子和河水中的起助凝作用的腐殖质等有机物的浓度相对不变,所以,此时的净化效率不会降低.

表 2 苏湾稳定塘净化实验结果

Tab.2 Results of decontamination experiments of stabilization pond in Suwan

时间/ h	COD <sub>Cr</sub> / (mg/L)	去除率/ %	SS/ (mg/L)	去除率/ %	pH
0	351	0.0	418	0.0	7.60
12	190	45.7	288	31.1	7.48
24	144	58.8	206	50.7	7.42
36	143	59.1	125	70.1	7.48
48	142	59.4	120	71.3	7.41
60	142	59.4	107	74.4	7.54

按照年排 COD<sub>Cr</sub> 总量 5355 t 的要求,稳定塘出水浓度应在 120 mg/L 以下,稳定塘的实际去除率按 50% 设计时,其进水浓度应小于 240 mg/L.由此可见,点源治理仍需加强.按照目前治理的水平将点源浓度降到 240 mg/L 以下是完全可以达到的,但应重视污泥处理.

## 1.3 技术经济的对比与分析

若按 1.5 m<sup>3</sup>/s 设计,每日应处理污水 1.3 × 10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>.几种处理方法的效果对比见表 3.

表 3 几种处理方法对比

Tab.3 Comparison between several treatment methods

方 案	生物处理	物化处理	稳定塘
投资/(万元)	13000	5000	360
运行费用/(万元/年)	2365	4257	25
污泥处理	有	有	无
COD <sub>Cr</sub> 去除率/%	≈ 75	≈ 75	≈ 60

说明:生物处理“指”一次沉淀+生物曝气+二次沉淀”;物化处理“指”一次沉淀+加药混合+絮凝+二次沉淀”.

由表 3 可知,稳定塘工艺方案的投资是其它两种方案的十几分之一到三十几分之一,运行费用只有其它两种方案的九十五分之一和一百七十

分之一 ,此方案最易上马 ,可以很快获得治理效果 .虽然去除率只有 60 %左右 ,但是 结合点源治理已可以满足目前的总量控制要求 .

## 2 生态处理工程的设计

出于防洪的目的 ,在稳定塘南侧原河道位置开出 40 m 宽河道并与稳定塘分离 .在一般情况下 ,全部污水进稳定塘处理 ,而在洪水时改走河道 .因此 ,在进水口设进水总闸 .为了布水均匀 ,稳定塘进水端采用配水渠配水 ,配水渠南北方向布

置 .

为了降低工程投资 ,将稳定塘出水口布置在塘区下游最窄处 ,并将其 1/3 建成漫水坝 ,另外 2/3 段建成高于水面的河堤 ,这样还有利于稳定塘内水的均匀分布 .

在塘内设三道隔离堤 ,将稳定塘分为四个条状的廊道 .进水端设布水渠 ,对应廊道分别设四个进水分闸 .这样一方面保证了水流均匀 ,避免出现滞流区 ,另一方面方便了轮流清淤 ,可保证稳定塘持久使用 .主要设计数据见表 4 .

表 4 主要设计数据  
Tab.4 Some design datum

项目	长/m	宽/m	水深/m	长:宽	长:深	流速/( m/s )	流量/( m <sup>3</sup> /s )
进水总闸		2.4	1.5			0.3 ~ 1.1	1.2 ~ 4
布水渠		5 ~ 7	1.5			0.1 ~ 0.4	1.2 ~ 4
进水分闸		0.8	0.9			0.4 ~ 1.4	0.3 ~ 1
廊道	≈650	50 ~ 100	1.8( 均 )	10:1	300:1	0.002 ~ 0.007	0.3 ~ 1
漫水坝	45	2.5 ~ 16	3.0( 坝前 )				1.2 ~ 4

从现场测量的地形图上测算 ,现状库容约为  $1.6 \times 10^5 \text{ m}^3$  ,最大水深 2.5 m ,平均水深 0.7 m ,水面面积约  $2.24 \times 10^5 \text{ m}^2$  .为增加库容 ,将凹凸的河滩底部下挖 0.6 m ,并将水面提高 0.5 m ,使平均水深达到 1.8 m ,这样仅增加极少的投资 ,库容却提高到  $4.1 \times 10^5 \text{ m}^3$  .

苏湾稳定塘中除了要强化厌氧、兼氧和好氧的生物作用外 ,还将种植一些确有效果的水生植物如水葫芦和芦苇等 ,以提高净化效果 .

## 3 工程对地下水的影响

土壤中的悬浮颗粒 ,溶解性有机物的微生物代谢产物所引起的截留、滤除 ,以及有机物厌氧分解等引起的堵塞 ,可以加强土壤的过滤作用 ,污水

中部分重金属离子在土壤胶体表面因阴、阳离子交换作用而被置换、吸附并生成难溶物 ,被固定于矿物的晶格中 ;土壤中含有大量异养性微生物能对土壤颗粒中悬浮有机固体和溶解性有机物进行生物降解 ,厌氧状态下厌氧菌能对有机物进行发酵分解 ,对亚硝酸盐和硝酸盐进行反硝化脱氮 .稳定塘离周围各村庄的距离都超过 500 m ,塘底 10 m 以下为粘土层 ,另外 ,稳定塘池底推平后 ,表面铺一层粘土 ,碾实后可有效减小下渗速率 .双洎河河水中几乎不含有毒重金属 ,稳定塘位置也符合 GB 5749 - 85“ 生活饮用水卫生标准 ”中水源卫生防护区的有关规定 .

我们对库区附近双洎河两侧 500 m 范围内的水井进行了实际监测 ,结果见表 5 .

表 5 地下水监测数据  
Tab.5 Quality of ground water near the pond

井号	pH	CN <sup>-</sup> / ( mg/L )	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N/ ( mg/L )	Cr <sup>6+</sup> / ( mg/L )	As/ ( mg/L )	总硬度/ ( mg/L )	Ar - OH/ ( mg/L )
1	7.57	0.002	0.0015	0.004	0.0025	511	0.002
2	8.19	0.006	0.0015	0.006	0.0035	483	0.001
3	7.85	0.002	0.008	0.013	0.0035	444	0.001
4	7.70	0.002	0.004	0.006	0.0035	436	0.001
5	7.78	0.006	0.017	0.012	0.0035	513	0.001
6	7.31	0.006	0.008	0.008	0.0035	565	0.002
国标	6.5 ~ 8.5	0.05	0.02	0.01	0.05	450	0.002

结果表明 ,虽然双洎河水已经受污染 20 多年了 ,附近的地下水(井深大于 30 m)并未受到污染 ,地下水中主要指标符合地下水水质标准(GB/T 14848 - 93) .由此可以推断 ,苏湾稳定塘建成后 ,不会对地下水(井深 > 30 m)造成污染 .

4 结束语

在目前普遍要求采用污水处理厂处理污水的环境下 ,提出采用生态技术处理双洎河污水 ,在技术上、经济上是完全可行的 ;将水利工程和污水处理厂设计技术运用于稳定塘的设计之中 ,有效地改善了稳定塘的水力条件 ,提高了处理效率 ;能够满足当前 COD<sub>Cr</sub> 总量控制目标 ,投资小、建设

周期短 ;对环境无明显不良影响 ,是采用生态技术处理污水的成功范例 .

参考文献 :

[ 1 ] ABELIOVIC A. Biological treatment of chemical industry effluents stabilization ponds[ J ]. Wat Res ,1995 ,19( 12 ) : 1497 - 1503 .  
[ 2 ] GREEN F B. Advanced integrated wastewater pond system for nitrogen removal[ J ]. Wat Sci Tech ,1996 ( 33 ) :1025 - 1029 .  
[ 3 ] 李文献 . 城市污水稳定塘设计手册[ M ]. 北京 : 中国建筑工业出版社 ,1990 .  
[ 4 ] 李穗中 . 氧化塘污水处理技术[ M ]. 北京 : 中国环境科学出版社 ,1992 .

Study and Design on Stabilization Pond in Suwan

HE Zheng - guang<sup>1</sup> , MAI Wen - ning<sup>1</sup> , LIU Yin<sup>2</sup> , XIE Li-na<sup>3</sup>

( 1 . College of Environmental & Hydraulic Engineering , Zhengzhou University , Zhengzhou 450002 , China ; 2 . Environmental Monitoring Station of Xinmi County , Xinmi 452370 , China ; 3 . Environmental Monitoring Station of Zhengzhou , Zhengzhou 45000 , China )

**Abstract :** In this paper , the necessity and possibility of treating Shuangji River with ecological technology are discussed , and a sort of ecological water treatment project which is suitable for poor economic area is designed . The results of the experiments show that 58.8% of COD<sub>Cr</sub> and 50.7% of SS decrease in 24 h . The water current in the pond is improved and the decontamination efficiency is increased greatly by applying the technologies of hydraulic projects and wastewater treatment plants to the design of stabilization pond . The project will not pollute the ground water nearby and can attain the goal of COD ; The investment is very low and the construction period is also very short compared with the construction of waster water treatment plant .

**Key words :** Shuangji River ; stabilization pond ; control of total COD ; project design ; waste water from paper mill