

受污染水源的生物预处理技术及工程实例

余 淦 申

[提要] 杭州玻璃总厂的受污染水源经过厌氧-缺氧-好氧预处理后,再经混凝沉淀、过滤, COD 值由 30~90mg/L 降为 10~25mg/L, 去除率为 67~73%, 达到 IV 类水体标准。浑浊度由 35~90 度降为 0.5~3 度, 达到自来水标准。对氨氮去除亦有一定的作用, 进水氨氮为 0.85mg/L, 好氧池氨氮为 0.25mg/L, 去除率为 70%。

[关键词] 受污染水源 生物预处理 混凝沉淀 过滤 玻璃生产用水

运河(杭州段)是杭州市的主要水体之一,它既是沿河企业和居民的用水水源,又是工业与生活废水的纳污水体,因此,运河的污染是众所周知的。目前,有关部门正在着手进行综合治理大运河的可行性研究,期望若干年后能够通过综合整治的途径解决运河的污染问题。杭州玻璃总厂的工业用水是以杭州京杭大运河水系为供水水源。原水水质很差,有机污染严重, COD、BOD 值高达数十 mg/L。为了解决运河水源污染问题,我们在杭州玻璃总厂 6000m³/d 工业给水处理工程中,对受污染水源采用了生物预处理与传统的净水工艺优化组合的处理技术。该工程已于 1995 年 2 月投入生产运行,效果良好,基本上达到了预期目标。现将该工程情况介绍如下。

一、设计规模及水质

工业用水 6000m³/d。设计水质见表 1。

设计水质 表 1

项目	单位	水源水质	工业用水
pH		7.84	6.0~8.0
COD	mg/L	≤60.7	20
BOD	mg/L	≤40.3	6
SS	mg/L	≤139	20
浑浊度	度		5
臭味		有异味	无异臭,异味
SO ₄ ²⁻	mg/L	57.9	
Fe	mg/L	2.55	0.30
Cl ⁻	mg/L	74.8	
油	mg/L	≤0.39	0.20
SiO ₂	mg/L	28.4	30.0
电导率	μS/cm	420	
游离氯	mg/L		0.3

二、处理工艺流程及特征

给排水 Vol. 22 No. 4 1996

1. 处理流程

根据进水水质分析,本工程水源为受污染水体。原水的 COD、BOD、SS、含盐量等值较高。在杭玻厂以往的使用中表明,这种水质易于在管道中产生微生物生长的现象,堵塞管道。根据本工程水源主要是受有机物污染的特点,采用生物预处理-传统净水工艺优化组合的处理流程。

废水首先进入拦污栅、沉砂池以去除大颗粒污染物,再依次进入厌氧池-缺氧池-生物接触氧化池等预处理单元,以去除有机污染物和进行生物脱氮,再经管道混合器投加混凝剂、消毒剂,经大波板反应器反应后进入斜管沉淀池以去除小颗粒污染物,出水再经重力式无阀滤池过滤,在清水池汇集后,用泵送入生产车间使用。处理流程如图 1 所示。

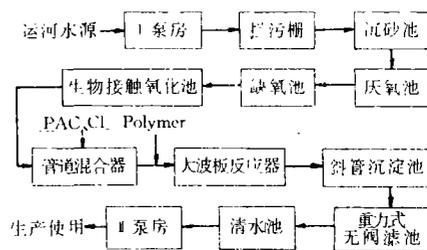


图 1 处理流程图

2. 处理工艺特征说明

杭玻厂的水源受有机物污染严重,其中 COD、BOD 指标远远超出 V 类水体标准。该厂以往的实践表明,用传统的净水工艺不可能大幅度去除污染水源中的有机物,满足工业用水

的需要。若为了去除有机物,势必要在净水过程中大量投氯。但是,氯化过程有可能与废水中某些有机物生成三卤甲烷等“三致”(致癌、致突变、致畸变)物质,严重威胁用水的安全性。而应用生物处理方法可在不投加任何化学药剂的情况下,经济有效地去除污染源中的有机物、氨氮、降低浊度等,也不会产生“三致”物。生物氧化后再经化学混凝沉淀和过滤处理还可以减少混凝剂和消毒剂的投加量,从而降低经常药剂费用,降低净水成本。生物氧化预处理系统运行稳定,操作管理方便。

3. 处理效果预测

处理效果设计预测如表 2 所示。

处理单元	预测处理效果					
	pH	COD (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	浊度 (度)	油 (mg/L)
生物预处理系统	进水 7.84	60.7	40.3	139		0.39
斜管沉淀池	出水 6.8~8	20.0	6.0	69.5		0.19
重力式无阀滤池	出水 6.8~8	17.0	5.4	8	5	0.13
总去除率(%)		72	86	94		66

4. 主要构筑物和设备

(1) I 泵房:利用原有泵房改建。

(2) 拦污栅: 1 座,人工式,栅条间距 10mm,尺寸 $B=1.0\text{m}$ 。

(3) 沉砂池: 1 座,平流式,平面尺寸 $15.6\times 0.8\text{m}$,有效水深 1.1m,总高度 1.4m。

(4) 生物预处理系统:

①厌氧池:分两格。每格平面尺寸 $7.8\times 6.8\text{m}$,有效水深 4.0m,总高度 4.5m,每格设 QBGO85 潜水搅拌机 1 台。

②缺氧池:分两格。每格平面尺寸 $7.8\times 6.8\text{m}$,有效水深 3.9m,总高度 4.5m,每格中间设隔墙。环状穿孔管曝气,内挂 YDT 型弹性立体填料。

③生物接触氧化池:分两格。每格平面尺寸 $7.8\times 10.2\text{m}$,每格内分三段,推流式,有效水深 3.8m,总高度 4.5m,环状穿孔管曝气,内挂 YDT 型弹性立体填料。

(5) 大波板反应器: 1 座,分两格,平面尺寸 $4.5\times 1.0\text{m}$,有效水深 4.2m,总高度 4.6m,内设玻璃钢大波板。

(6) 斜管沉淀池: 1 座,分两格,每格平面尺寸 $9.0\times 4.5\text{m}$,有效水深 3.9m,总高度 7.5m,设 D50 蜂窝斜管,斜长 1.0m,倾角 60° ,每格设 2 个泥斗与排泥阀组。

(7) 重力式无阀滤池: 1 座,分两格,平面尺寸 $4.1\times 4.1\text{m}$,有效水深 4.75m,总高度 4.95m。

(8) 清水池: 1 座,平面尺寸 $28.3\times 18.3\text{m}$,有效水深 4.0m,总高度 4.6m。

(9) 投药间:平面尺寸 $12.45\times 6.7\text{m}$,内设两套投药系统和两套加氯系统。

(10) 化验室:平面尺寸 $15.85\times 6.1\text{m}$ 。

(11) II 泵房及风机房:平面尺寸 $9.9\times 8.7\text{m}$,内设水泵 3 台,型号 IS125-100-200A, $Q=150\text{m}^3/\text{h}$, $H=45\text{m}$, $N=37\text{kW}$,两用一备。

设罗茨风机 3 台,型号 D36 \times 28-16.3/5000, $Q=16.3\text{m}^3/\text{h}$, $H=5000\text{mm}$, $N=30\text{kW}$,常用 1 台。

(12) 控制室:平面尺寸 $9.0\times 6.1\text{m}$,内设低压配电屏和中央控制台。

三、生产性运行情况及结果

杭州玻璃总厂 $6000\text{m}^3/\text{d}$ 工业水处理工程于 1994 年 3 月 28 日开工,年底完工,1995 年 1 月进行单机与整个系统的调试,2 月 27 日正式投入生产运行,至今一切正常。

1. 运行工艺条件

(1) 生物预处理系统

主要是控制溶解氧。厌氧池溶解氧基本为零。缺氧池气水比为 1:1,溶解氧为 $0.5\text{mg}/\text{L}$ 以下,好氧池气水比为 2:1,溶解氧为 $4\text{mg}/\text{L}$ 。

(2) 加药系统

混凝剂为高氏净水剂,投加量为 $20\sim 25\text{mg}/\text{L}$ 。液氯投加量为 $2\sim 4\text{mg}/\text{L}$ 。

2. 处理效果

运行五个多月的处理效果如表 3 所示。

处理效果 表3

项目	pH	COD	SS	浊度	氨氮
处理单元	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(度)	(mg/L)
进水	7.50	30~90	80~90	35~90	0.85
厌氧池					0.80
兼氧池					0.75
好氧池		20~40	45~55	4~20	0.25
沉淀池				2~10	
过滤池				0.5~3	
出水	6.5~7.2	10~25	5~7	0.5~3	
总去除率(%)		67~73	92~95	95以上	70

3. 生物预处理系统培菌挂膜与生物相

采用动态接种培菌方法。用于培菌的混合液由印染废水处理活性污泥、食堂生活废水和水源河水组成，先在一只氧化池内进行培菌驯化。经过1d闷曝后即少量进水，之后又经过增大进水量-继续增加进水量的阶段，15d后，即见填料上生物膜挂膜已完成，闻之有较强的腥臭味，显微镜观察膜上的生物相可看到有大量菌胶团存在，有些菌体个体饱满，颜色透明，为新鲜生长。在运行2个月后，还有少量轮虫等后生动物出现，生物预处理系统稳定，生物相初步形成。

本工程采用YDT型弹性立体填料为生物载体。运转表明，YDT型填料在水中伸展状态好，挂膜容易，且在全池分布均匀。这种填料对气泡有一定切割作用，有助于改善曝气状况。

4. 运行处理费用

根据生产性运行期间各设备的测试与运行条件分析，运行处理费用如表4所示。

四、问题讨论

1. 关于受污染水源生物预处理技术的可行性

如前所述，水源水体被污染主要反映在两个方面。一是，有机物的污染，表现出COD、BOD值高，水的浊度高，具有一定色度，有的还表现出氨氮、含磷值高，水体富营养化；二是，水中“三致”物质的存在，使用水安全性受到影响与威胁。杭玻厂工业用水水源的污染主要是有机物含量高。原水COD值为60.7mg/L，BOD值为40.3mg/L，大大超出V类水体水

运行处理费用表 表4

费用名称	单价	指标	处理费用 (元/m ³)
电费	0.40元/(kW·h)	0.32kW·h/m ³	0.127
人工费	8000元/(人·年)	18人	0.071
混凝剂	2500元/t	0.025kg/m ³	0.063
液氯	2500元/t	0.004kg/m ³	0.01
化学试剂	500元/月		0.002
大修、小修费	设备费×4.5%		0.023
合计			0.296

质标准。显而易见，这种水质是不能作为工业用水水源的。随着经济的发展，人口的增加，生产与生活废水排水量不断增加，我国南方属于此种类型的地面水源会愈来愈多，因此开发这些受污染水源的治理技术具有普遍意义。针对水源主要受有机物污染的情况，我们提出先进行生物预处理，而后再同传统的净水工艺优化组合的治理思路，并且在工程实践中付诸实施。在设计生物预处理方法时，采用了厌氧-缺氧-生物接触氧化的处理流程，同时在厌氧池内设潜水搅拌装置，这主要是考虑到：①在受污染水源中有工业废水和生活污水排入，水中有可能含有LAS等有机合成洗涤剂和其他难生物降解物质。使废水经过厌氧-缺氧处理后，可使水中较大分子的复杂有机物分解为较小分子的简单有机物，以利于生物好氧处理。②在厌氧池中设置搅拌机，可以使厌氧污泥呈悬浮状态，更有效地同进水混合，充分发挥厌氧污泥的吸附与降解有机物的功能。

运转表明，杭玻厂的受污染水源经过厌氧-缺氧-好氧预处理后，再经混凝沉淀、过滤，COD值由30~90mg/L降为10~25mg/L，去除率为67~73%，达到IV类水体标准。浊度由35~90度降为0.5~3度，达到自来水标准。对氨氮去除亦有一定的作用，进水氨氮为0.85mg/L，好氧池出水氨氮为0.25mg/L，去除率为70%。由此可见，生物预处理是有效的，技术上是可行的。

2. 关于生物预处理与传统的净水工艺优化组合的经济效益

从以下两个方面来分析：一是，杭玻厂工业

生产规模 UASB 反应器处理 柠檬酸废水启动试验研究*

陈 红 陆正禹

[提要]本文论述了容积为 786.4m³ 的生产性 UASB 反应器中温条件下处理柠檬酸废水的启动过程。当反应器稳定运行时,容积负荷为 7.5~10kgCOD/(m³·d),水力停留时间为 38~49h, COD 平均去除率达 85%,出水 COD≤2500mg/L。采用农村沼气池厌氧污泥和好氧活性污泥作为种泥(接种量均为 6kgVSS/m³) 均可培养出颗粒污泥,并可实现快速启动。

[关键词]UASB 反应器 柠檬酸废水 生产性试验 颗粒污泥 中温

柠檬酸是一种酸性较强的有机酸,主要用于饮料、食品工业。我国是柠檬酸生产大国,1990 年我国柠檬酸生产厂大约有 70 多家,而到 1994 年已发展到 130 多家,年产量达 200 万吨。所生产的柠檬酸 80% 用于出口创汇。

我国采用独特的薯干粉深层发酵法生产柠檬酸。经过发酵、压滤后,在中和车间产生大量的柠檬酸废水^[1]。这种废水 COD 浓度很高,如不处理会对环境造成严重的危害。据统计,我国排放的

柠檬酸废水达 2200 万 m³/a。

用 UASB 反应器处理柠檬酸废水具有许多优点,例如:可以承受较高的 COD 浓度,运行成本低,剩余污泥量少,能够回收沼气,运行管理简单等。在“六五”期间,先后进行了处理柠檬酸废水的小试^[2]、中试试验^[3]。1989 年清华大学环境工程系为连云港市红旗化工厂设计了中温下处理柠檬酸废水的 UASB 反应器,1994 年进行生产启动,1994 年 12 月底调试完成,通过连云港市环保局主持的工程验收。本文总结了生产性启动试验的

* 该研究是在国家自然科学基金会资助下完成的。

用水工程在达到工业用水水质标准情况下,其中,浊度达到城市自来水标准。制水运行费用为 0.296 元/m³,大大低于杭州市城市自来水水价;二是,从生物预处理所占的制水运行费用比例来看,其主要是反映在电费和必须的管理费方面。经计算,用于生物预处理的电耗为 0.112kW·h/m³,折合处理费用约为 0.045 元/m³,管理费为 0.025 元/m³,两者合计为 0.070 元/m³。由于生物预处理能降解有机物,改善水质,同传统的净水工艺相比较,可减少后续的混凝沉淀、过滤投药量。借鉴有关报道资料,经生物预处理后,可减少 30% 的混凝剂用量和减少 75% 的液氯用量,粗略估算两项合计可节省制水运行费约 0.026 元/m³。因此,实际上,由于生物预处理所增加

的制水运行费用为 0.044 元/m³,约为本工程全部制水运行费用的 15%。由此可见,受污染水体的生物预处理经济效益明显,经济上可行。

3. 关于运行管理与操作

生物预处理采用 YDT 型弹性立体填料为生物载体,培菌驯化、挂膜容易。在日常运行中只需控制气水比,无需投加任何药剂。运行稳定,操作方便。

(参加本项工作的有仲伟尧、郭强、朱懿诚、吴东雷等)。

△ 作者通讯处:310012 杭州市教工路 10 号

杭州水美环保工程有限公司

电话:(0571)8829097

收稿日期:1995-10-5

给水排水 Vol. 22 No. 4 1996

BIO-PRETREATMENT OF POLLUTED RAW WATER *Yu Ganshen* (19)

Abstract: The raw water source of Hangzhou Glass Factory in Zhejiang province has been polluted. As a result of bio-pretreatment consisted of aerobic-anaerobic process, coagulating sedimentation and filtration the COD decreases from 30~90 mg/l to 10~25 mg/l with removal rate of 67~73% to meet the standard of IV category of water body. The turbidity of raw water decreases from 35~90 degree to 0.5~3 to meet the requirement of urban water supply. Also the ammonia nitrogen content in raw water decreases from 0.8 mg/l to 0.25 mg/l in the aerobic tank with removal rate 70%.

STUDY ON FULL SCALE UASB REACTOR TO TREAT WASTEWATER OF
CITRIC ACID PRODUCTION *Chen Hong et al* (22)

Abstract: Start-up of a full scale UASB reactor with capacity of 786.4 cubic meters to treat wastewater of citric acid production in mesophilic status was researched. In the steady operation of the reactor the daily volumetric loading is 7.5~10 kg COD per cubic meter and hydraulic retention time 49~38 hours with average COD removal rate of 85%. An effluent of COD \leq 2500 mg/l was obtained. Grained sludge pellets had been cultivated and quick start-up was completed by inoculation of either aerobic sludge floc from methane tank or aerobic activated sludge.

ACTIVATED SLUDGE PROCESS OF FIXED ACCUMULATED DECOLOURIZING
BACTERIA TO TREAT DYEING-PRINTING WASTEWATER *Zhang Lin* (26)

ANTI-FREEZING MEASURES OF COOLING TOWER WITH NATURAL VENTILATION
..... *Song Kejia* (29)

COST-BENEFIT ANALYSIS OF INTERMEDIATE WATER SYSTEM IN BEIJING
..... *Wu Yangshan et al* (31)

Abstract: The investigation on the operating status of intermediate water system (IWS) in Beijing has been shown that the high operating cost of IWS is mainly caused by too small capacity. A daily capacity of IWS much than 150 cubic meters is recommended and some measures to expand the capacity of IWS are proposed. The environmental input-output analysis of IWS gives an input-output rate of 1:4.83, this will be a basis of economical analysis for wastewater reuse in area of water shortage.

REASONABLE LAYOUT OF PIPELINE TO IMPROVE THE UTILIZATION FACTOR
OF BUILDING SPACE *Liao Huixing* (34)

BRIEF ON FOAM SPRINKLING SYSTEM *Yang Qi* (36)
