

治理技术

焦化废水生物脱氮研究*

文 一 波

张辉明 钱 易

(化工部规划院, 北京 100013) (清华大学环境工程系, 北京 100084)

摘要 本文通过小试及中试,对焦化废水的生物脱氮处理进行了研究。研究表明,硝化菌的培养及驯化是生物脱氮顺利进行的关键,连续驯化方式优于间歇驯化方式,当水质波动不大,运行条件正常时,A-A/O 系统可以实现 98—99% 的硝化效果和 75% 以上的除氮效果。厌氧预处理在其中起了重要作用。

关键词 焦化废水,厌氧预处理,硝化,反硝化

氨氮是焦化废水中主要污染物之一。去除废水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 最经济合理的方法是生物脱氮法。目前生物脱氮的基本流程为预反硝化-硝化工艺^[1],可采用悬浮污泥系统或生物膜系统。目前焦化废水的生物脱氮尚处于试验研究阶段。由于这种废水含高浓度 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和有机物,其中很多是属于难生物降解的物质,具有较强的生物毒性,从而形成对硝化、反硝化过程的抑制作用。因此,焦化废水生物脱氮难于一般城市废水的脱氮,研究焦化废水生物脱氮具有一定的实际意义。

一、试验材料与方法

1. 试验流程

如图 1 所示。其中缺氧和好氧反应槽为单一的悬浮污泥系统,厌氧反应器为生物膜系统,内充填料。该流程综合考虑了 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 COD 的去除,与常规脱氮流程相比,增加了厌氧处理

部分,其目的是通过厌氧水解和酸化菌群的作用改变废水中有机物的成分,提高废水的可生化性,以利后续工艺的 COD 降解和脱氮的进

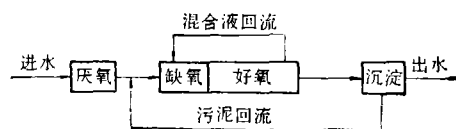


图 1 焦化废水生物脱氮 A-A/O 流程

表 1 小试和中试试验装置系统情况

反应器 试验	厌氧	缺氧	好氧
小 试	容积 3.4L, 挂软性填料	容积 4.8L, 悬浮污泥系 统,浆叶搅拌	容积 14L, 悬浮污泥系 统,微孔曝气
中 试	容积 1.6m ³ , 挂半软性填 料	容积 3.3m ³ , 浆叶搅拌	容积 6.7m ³ , 微孔曝气

表 2 小试和中试试验水质(平均值)

指标 (mg/L)	COD	TOC	BOD ₅	酚	TCN ⁻	油	NH ₃ -N	TKN	SCN ⁻
小 试	1245.2			138.3	1.85	21.9	245.9	302.9	187.0
中 试	1537	427	642	160.0	4.39	6.52	225.7	293.1	142

* 国家“七五”科技攻关项目。

收稿日期: 1991 年 5 月 27 日。

行。该段厌氧处理仅作为预处理,对有机污染物的降解不起主要作用。

2. 试验装置

包括一套 26L 规模的小试装置¹⁾和一套 11.6m³的中试装置。各反应器尺寸及特征详见表 1。为了部分克服焦化废水的生物毒性和提高难降解物质的去除效果,系统采用了生物铁和生物碳等强化措施,方法是分别向活性污泥系统投加少量的 Fe³⁺ 和粉末活性炭。

小试和中试分别在鞍钢化工总厂和宝钢化工厂进行,试验水质的各项常规指标见表 2。

二、脱氮细菌的驯化与培养

系统运行前进行了厌氧生物膜培养和 A/O 系统活性污泥的驯化,其目的是使各类细菌逐渐适应焦化废水环境,并通过各自的生理活动和生化反应对焦化废水中各有机或无机组分进行降解或去除。试验表明,对活性污泥中的脱氮菌,即硝化和反硝化菌进行培养和驯化是系统正常运行的关键。

硝化菌为高度好氧菌,专性化能自养,生长缓慢,产率低,对环境条件反应敏感。其生长除需要氧、无机碳源和氮源、合适的 pH 值和温度外,还必须有一定数量的 P、Mg、Fe、Cu、Ca、Zn 以及微量的 Mo 等^[2]。高浓度的有机物、氨氮和亚硝酸以及一定浓度的重金属和某些有机物质均可能对硝化反应产生抑制作用^[4]。

焦化废水中含有大量的芳香和杂环类化合物以及高浓度的氨氮,对一般的异养菌都有很强的生物毒性,未经驯化的硝化菌几乎无法在焦化废水环境中生存。

1. 小试

进行硝化菌驯化时,首先应对原水进行适当的稀释。小试时采用了间歇和连续驯化相结合的方法。

(1) 间歇驯化 间歇培养在一个曝气池中进行,接种污泥取自焦化废水生物处理中试装置,反应器进水按焦化废水:自来水为 1:1.5 配制。同时加少量磷酸作为磷源,然后大体按照好氧:缺氧时间为 3:1 的比例间歇运行(同时起

到培养反硝化菌作用),曝气时间一般为 40 小时左右。好氧运行时用 Na₂CO₃ 控制反应器 pH 值在 7—8 之间,Na₂CO₃ 也同时作为硝化反应碳源,缺氧时再向反应器内加入 2ml 甲醇,并加以搅拌。一个周期后,静置半小时,排出上清液,再加入配制的原水进行下一个循环。

间歇培养进行 10 天后,尚无硝化反应的迹象,反应器中 NO₂⁻ 和 NO₃⁻ 浓度很低,反应前后 NH₃-N 浓度基本不发生变化,有时还略有升高(这是含氮有机物转化的结果)。其原因可能有三:一是接种污泥活性差,硝化菌含量少;二是稀释比例偏小,抑制物浓度偏高,阻碍了硝化菌的生长;三是间歇驯化方式不利于有毒废水中硝化菌的驯化,因为采用这种方式起始时各种污染物浓度很高,硝化细菌活动受到抑制,随着反应的进行,有机污染物浓度降低,为硝化菌提供了良好的生存环境,但是当硝化菌数量尚少,硝化反应进行缓慢时又进入下一周期,硝化菌又将受到新的毒害和抑制,这就对硝化菌的生长和繁殖产生了障碍。

(2) 连续驯化 连续驯化时,整个系统包括厌氧柱、缺氧反应器和好氧反应器,均投入运行,废水经适当稀释后连续进入系统运行,同时向曝气池中连续投加碱液以维持反应器的 pH 值。初期控制系统水力停留时间在 60 小时左右和较长的固体停留时间(除随出水带走污泥外,不人为排泥),稀释比为 40% 左右,进水 NH₃-N 浓度在 100mg/L 以下,但连续驯化的前一个月仍难发现硝化反应的迹象,不过系统有机物去除却很正常。

为了探索硝化菌的适宜培养条件,从连续驯化的第二十五天开始加大进水稀释比,使进水 NH₃-N 下降至 60mg/L 左右。两天后,出水 NO₂⁻-N 即升高到 36.3mg/L,同时出水 NH₃-N 降低到 18mg/L,硝化菌活动明显。以后硝化反应一直正常进行,出水 NH₃-N 维持在 10mg/L 以下。从调整后第五天开始逐渐减小稀释比,提高进水浓度,硝化反应稳定进

1) 文一波,清华大学硕士学位论文,1989 年。

行。驯化过程中,当硝化反应开始进行时,首先出现的产物是 NO_2^- -N, NO_3^- -N 很少,这说明亚硝酸菌对环境的适应能力比硝酸菌强。经过一段时间后,硝化产物基本上全部转化为 NO_3^- -N,这说明经过驯化后的硝酸菌也能适应焦化废水环境,但其活性发展有所滞后。图 2 为小试连续驯化过程氮化物转变情况(该时期 NO_3^- -N 数据不全,未列入)。

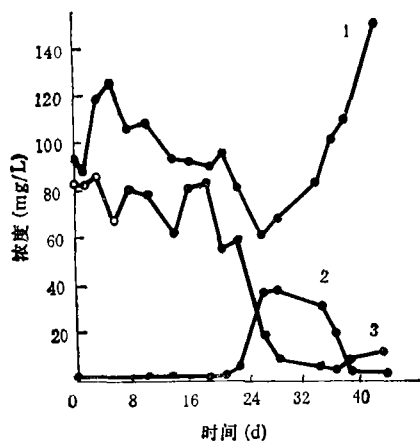


图2 小试连续驯化硝化情况

1. 进水 NH_3 -N; 2. 出水 NO_2 -N; 3. 出水 NH_3 -N

2. 中试

中试驯化情况远较小试复杂,这可能受水质、反应器流态及操作条件差异影响。

中试采用连续驯化方式,接种污泥取自宝钢化工厂生产性焦化废水处理装置。由于原接种好氧污泥中 NH_3 -N 浓度很高,尽管进水稀释比达 60%,曝气池中 NH_3 -N 浓度仍在 200mg/L 以上,同时可能由于接种污泥中残留难降解物质浓度较大,驯化的第一周内,硝化反应进展缓慢,出水中硝化产物很少。一周后出水中开始出现 NO_2^- ,并逐渐增多, NO_2^- -N 浓度达到 6mg/L 左右,几天后 NO_2^- -N 逐渐减少, NO_3^- -N 逐渐增多,达到 30mg/L 以上,这时 NH_3 -N 去除率已达 80% 以上。

但是随着稀释比降低至 50%,出水中 NO_2^- -N 浓度又逐渐提高, NO_3^- -N 则相对减少,四周后硝化产物全部为 NO_2^- 、出水 NO_3^- -N 浓度为零。尽管此时 NH_3 -N 去除率仍可达

80%,但由于出水中 NO_2^- 较高,使出水 COD 迅速提高,最高时出水 NO_2^- 达 78mg/L。前五周硝化情况如图 3 所示。

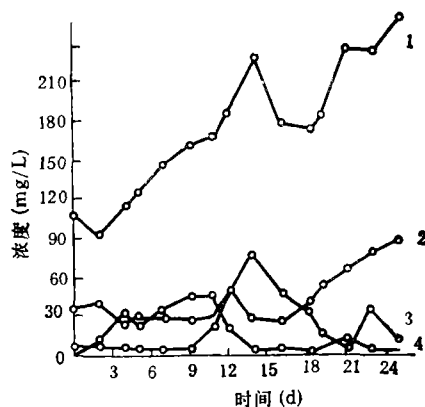


图3 中试驯化期硝化情况

1. 进水 NH_3 -N; 2. 出水 NO_2 -N;
3. 出水 NH_3 -N; 4. 出水 NO_3 -N

NO_2^- 本身是一种潜在的致癌物质, NO_2^- 的进一步氧化将消耗水体的溶解氧,当出水 NO_2^- -N 浓度达到一定值时,出水 COD 中的大部分是由 NO_2^- 形成的。鞍钢小试的前一阶段与宝钢中试情况很相似,但是在 NO_2^- 出现并提高到一定程度后,出水 NO_2^- -N 一直很低,没有继续升高, NO_3^- -N 成了硝化的唯一产物。曾怀疑这些现象是由于当时的机械故障所造成的污泥回流量少,溶解氧偏低的影响,排除上述原因并增大稀释比例后,系统迅速恢复了正常,出水 NO_2^- -N 降低, NO_3^- -N 升高,但随着稀释比的减小,很快又出现了类似前一阶段的情况。

经分析,认为负荷提高过快会造成硝化菌的不适应。因此第三次调整时,负荷提高较慢,还适当加大了回流比,总回流比由原来的 3 增大到 5,以克服进水 COD、氨氮及难降解有机物的抑制作用。这次驯化得到了成功,尽管后来稀释比降低到 30%,却再没有出现类似前两次的情况。重新驯化时期硝化情况如图 4 所示。

与硝化菌相比,反硝化菌对环境的适应性较强。一般情况下反硝化菌受焦化废水中有毒

物质的抑制程度要比硝化菌小,因此硝化菌驯化的同时,也可以达到对反硝化菌驯化的目的。废水自身的有机物即可作为反硝化的电子供体,但在驯化初期,最好能在系统进水中加入少量易于利用的有机物如葡萄糖等,这样更有利于反硝化菌驯化的进行。

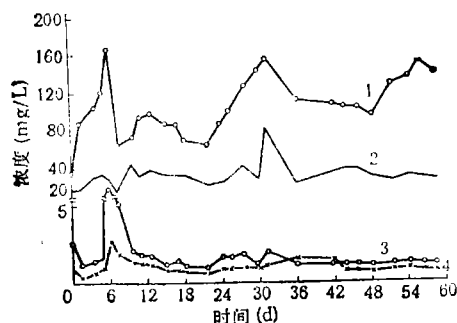


图 4 中试重新驯化期硝化情况

1. 进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 2. 出水 $\text{NO}_3\text{-N}$
3. 出水 $\text{NO}_2\text{-N}$ 4. 出水 $\text{NH}_3\text{-N}$

由于小试装置小和机械搅拌速度不易控制,驯化时表现的反硝化作用不甚明显。中试试验时,随着硝化反应过程的进行,很快就可以观察到缺氧段有气泡产生,随后气泡数量显著

增加,当缺氧段碱度较大时,产生的气泡个体较大,整个缺氧槽上部覆盖着一层泡沫,其厚度可达 1~3cm。从缺氧段取混合液于量筒中沉降时,可以观察到污泥先下沉后浮起的典型的反硝化所造成的现象。系统总氮去除效率最高时可达 80% 以上。

三、脱氮运行效果及其条件

经过驯化后的硝化和反硝化菌,已经具有处理较高强度焦化废水的能力,当原水水质波动不大时,只要满足一定的操作条件,系统可以取得满意的脱氮效果。

除了进水水质外,系统的水力停留时间、进水的稀释比例、曝气池溶解氧浓度、pH 值以及系统的回流比等均会对硝化效果产生影响。

系统总氮去除效果则直接决定于反硝化效果。反硝化效果除了受 DO 、氧化还原电位等因素影响外,主要由废水中碳源的数量和质量决定。

表 3 和表 4 分别为小试和中试稳定运行阶段操作运行条件及系统脱氮情况。

表 3 焦化废水脱氮操作运行条件

参数 试验	水力停留时间 (h)			系统 回流 比 (%)	溶解氧 (mg/L)		pH			系统温度 ($^{\circ}\text{C}$)	缺氧搅 拌速度 (r/min)	固体停留 时间(活 性污泥部 分) (d)
	厌	缺	好		缺	好	厌	缺	好			
小试	4.8	8.6	25	340	<0.5	4~5	7.0 -7.5	7.0 -8.0	7.0 -7.5	28.0—32.0	*	50
中试	6.7	18	36	500	<0.04	4~5	6.8 -7.5	6.9 -8.2	6.4 -7.8	24.0—31.0	10—12	50—100

* 小试装置搅拌系统不很稳定

表 4 稳定运行阶段系统脱氮效果

参数 试验	$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)			$\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/L)		$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)		TN(mg/L)			COD(mg/L)		
	进水	出水	去除率 (%)	进水	出水	进水	出水	进水	出水	去除率 (%)	进水	出水	去除率 (%)
小试	245.9	4.9	98.0	0.14	0.14	0~2	185.1	303.0	193.0	50.9	1245.2	75.0	93.9
中试	225.7	1.99	99.0	0.14	0.16	17.1	70.2	310.2	73.5	76.3	1537.0	63.5	95.7

从表 2、3、4 中看出,虽然小试和中试水质常规指标相差不太大,但其操作运行条件变化却很大,所得的脱氮效果也不同。中试的水力

停留时间较小试为长,回流比也有所提高,脱氮效果相应提高。

由于生物处理反应速率和毒物承受能力是

有限度的,因此处理系统的稳定性在遭受一定负荷冲击后将受到影响。中试试验中曾进行过负荷冲击试验,在对系统施行较长时间的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 超负荷运行后,硝化反应逐渐减慢,最后几乎完全中止,需花费较长时间才能恢复,但恢复后的硝化菌仍能达到冲击前的处理能力。系统具有一定的缓冲能力,可以承受短时间的高负荷冲击。

四、分析和讨论

(一) 焦化废水生物脱氮过程中的硝化反应

硝化菌的驯化是硝化反应稳定进行的前提。为了使硝化菌逐步适应高浓度焦化废水环境,驯化时应控制进水的稀释比和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度。以进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 为 $60\sim 70\text{mg/L}$ 为宜,逐步减小稀释比。此外,控制较长的水力停留时间和污泥龄,对硝化菌的驯化亦很重要。

硝化反应是系统运行控制的关键,这不但因为硝化效果不好会造成出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 超标,而且因为硝化不彻底会导致出水 COD 升高。 $\text{NO}_2\text{-N}$ 积累是焦化废水脱氮过程中的通病,许多研究者发现在进行焦化废水脱氮时, $\text{NO}_2\text{-N}$ 经常是主要的硝化产物,很多焦化厂在焦化废水活性污泥法运行中也常会出现处理出水中 $\text{NO}_2\text{-N}$ 高达 $100\sim 200\text{mg/L}$ 的情况。 $\text{NO}_2\text{-N}$ 积累的根本原因在于亚硝酸菌与硝酸菌对于环境的适应能力及耐受毒物能力的差异。亚硝酸菌具有较强的环境适应能力和抵抗毒物的能力,因此驯化时,总是亚硝化反应首先出现,系统遭受冲击时,则是硝酸菌的硝化反应首先受到影响。

要避免 $\text{NO}_2\text{-N}$ 积累现象的出现,除了需要有科学的驯化方法,合适的操作运行条件外,防止废水水质过大的波动和长时间的冲击十分重要。

一般认为硝化反应需要在偏碱环境中进行,即 pH 值最好在 $7.5\sim 8.5$ 之间,但中试试验中曝气池 pH 值一般控制在 7.0 左右,经常在 7.0 以下,仍取得了很好的硝化效果, pH 值最

低时曾降到 6.0 左右,也未对硝化进程产生不良影响。在低 pH 值条件下运行不但可以节约耗碱量,同时还可以减少曝气池泡沫的产生,这对于表曝系统尤为重要。

(二) 反硝化与脱氮效果

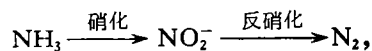
虽然我国目前尚未将 $\text{NO}_3\text{-N}$ 列为控制指标,但是 $\text{NO}_3\text{-N}$ 对环境的危害不容忽视,一些发达国家已经对进入清洁水体的废水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 实行了严格控制。

为了取得较好的总氮去除效果,必须使反硝化反应进行彻底。一般认为反硝化反应彻底与否由原水中 C/N 比例大小决定。从理论上分析进水 COD/TKN 达到 3 左右即可满足反硝化对碳源的要求,实用中则常认为 COD/TKN 应大于 8,可见关键在于充分利用已有碳源,提高反硝化效率。焦化废水中有机物生物降解性能差,碳源不易被利用,甚至具有一定的生物毒性,大大制约了反硝化菌活性的充分发挥。

厌氧预处理可以改变有机物结构和性质,因此虽然本研究中原水的 COD/TKN 比值仅为 5.5,却取得了 75% 以上的总氮去除效果。试验还表明,在进水 C/N 比相差不太大的情况下,总氮去除率最高时可达 96%,而较差时仅为 52%,这说明反硝化菌的活性起很大作用。采取某些强化措施,对原水适当稀释,创造良好的反硝化环境都可以使反硝化菌保持较高的活性,从而达到较好的总氮去除效果。

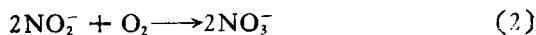
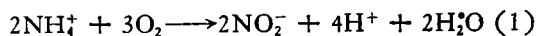
(三) 通过控制硝化过程改变脱氮途径

鉴于焦化废水脱氮过程中经常出现的 $\text{NO}_2\text{-N}$ 积累和反硝化过程碳源不足现象,如果人为加以引导,使硝化反应以产生 $\text{NO}_2\text{-N}$ 作为终点,而将脱氮途径改变为

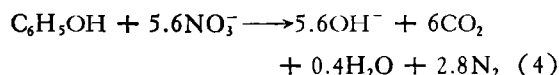
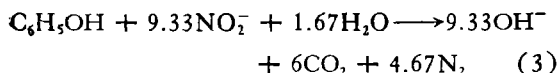


这可能会使脱氮工艺发生一场变革。传统的脱氮途径可用以下化学反应方程式表示:

硝化:



反硝化:



从反应式(1)~(4)可以得出,从 $\text{NH}_3 \longrightarrow \text{NO}_2^-$ 和 $\text{NO}_2^- \longrightarrow \text{NO}_3^-$ 耗氧分别为 3.43mg/mgN 和 1.14mg/mgN; 从 $\text{NO}_2^- \longrightarrow \text{N}_2$ 和 $\text{NO}_3^- \longrightarrow \text{N}_2$ 则分别需要消耗有机碳源 0.72mg (以 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ 计)/mgN 和 1.20mg (以 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ 计)/mgN. 由此得出按照常规途径脱氮时的需氧量和需碳量分别为 4.57mgO₂/mgN 和 1.20mg 酚/mgN, 新的途径的需氧和需碳量则分别为 3.43mgO₂/mgN 和 0.72mg 酚/mgN, 也就是说新途径可以减少耗氧 25%, 减少碳源消耗 40%. 可见新的脱氮途径既可以降低能耗、还可以降低脱氮对有机碳源数量的要求(当需要外加有机碳源时). 为了防止新系统出水 NO_2^- 排放, 也可以将处理水再经一级后曝气或后反硝化处理.

当然生物脱氮是一个十分复杂的生物化学过程, 不易控制, 对 NO_2^- 反硝化的行为尚有待进一步研究.

五、结 论

1. 硝化是焦化废水生物脱氮过程的关键, 硝化菌的驯化则是硝化反应稳定发展的前提,

要在较短的时间内完成硝化菌的驯化工作, 重要的是防止废水中高浓度有机物及 NH_3 对硝化菌的抑制.

2. 在进行焦化废水生物处理和其它有毒废水的生物处理时, 连续式驯化方法优于间歇驯化方法.

3. 经过驯化的硝化菌可以在较低 pH 值(如 6.4~7.2)条件下良好生存, 这有利于减少高浓度含氮废水硝化耗碱量.

4. 在水质波动不大并满足一定的操作运行条件下, 系统可以取得 98%~99% 的硝化和 75% 以上的脱氮效果. 系统可以耐受短期的高浓度 $\text{NH}_3\text{-N}$ 冲击, 但如果出现长时间 $\text{NH}_3\text{-N}$ 超负荷运行, 将导致硝化系统失稳.

5. 反硝化效果的好坏决定着系统脱氮效率的高低. 采取厌氧预处理方法, 维持一定的稀释比和创造良好的反硝化环境可以使反硝化菌保持较高的活性, 以达到较好的脱氮效果.

6. 以亚硝酸作为硝化终产物的不完全硝化脱氮系统将是一条富有吸引力的焦化废水生物脱氮途径, 值得进一步研究.

参 考 文 献

1. Bridle T R et al. *Prog. Wat. Tech.*, 1980, 12(3): 667-680
2. Henry A. *Prog. Wat. Tech.*, 1982, 14(6): 3-29
3. Gauthier J J et al., *Proc. 36th Ind. Waste Conf.* Purdue University, 1981: 77-91.

《1990 年度中国科技论文统计与分析研究报告》完成 中国科学院生态环境研究中心六次榜上题名

在国家科委综合计划司委托中国科技情报所完成的 1990 年度中国科技论文统计与分析研究报告中, 我中心在 6 项分类统计中榜上题名.

1. 1985—1989 年我国科研机构发表的科技论文被引最多的前 30 名名次排列表中, 生态环境研究中心名列第 22.

2. 1988、1989、1990 年我国科研机构科技论文数前 50 名名次表(据 1990 年 1230 种中国科技期刊统计)中, 该中心分别名列第 22、32、32.

3. 1990 年各项基金资助产生论文数居前 50 名的

科研机构分布情况表中, 该中心名列第 40.

4. 1990 年《EI》(美国工程索引)收录的我国科技期刊共 27 种, 该中心编辑的《环境科学》名列其中, 是唯一环境刊物.

5. 1990 年美国《化学文摘》千名表中的中国科技期刊共 46 种, 《环境科学》名列其中, 世界排名第 756 位, 居我国 4 个人选环境期刊之首.

6. 1990 年日本《科学技术文献速报》中收录的中国期刊共 52 种, 《环境科学》名列其中, 是唯一环境专业期刊.

沈颖 供稿

lake in summer was $1.02 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{d}$. The total phosphorus release capacity from the sediments was estimated to be 1.346 t/y which is equivalent to 36.4% of the average annual external phosphorus loading. Sediment release of phosphorus is a major contributory factor for the eutrophication of the lake.

Key words: sediments, phosphorus, eutrophication.

Effect of Proper Ventilation on Improving Indoor Air Quality and Dweller's Health. Qiu Shicong, Chen Guifu (Wannan Medical College, Wuhu, Anhui): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(3), 1992, pp. 29—32

An investigation on the natural ventilation in 417 rural dwellinghouses with children living in was carried out in south China from December 1988 to April 1989. Meanwhile, a follow-up observation of respiratory health conditions for the dwelling children was performed. An experimental model was also established to explore the possible improving measures. The results revealed that in 85% of the dwellinghouses, the times of air changes per hour (ACH) ranged from 0.5 to 1.0, and ACH was negatively correlated to the rate of respiratory symptoms (RRS) in the children ($P < 0.01$); when ACH was less than 0.5, the children's RRS was 3.52/100pw, which is much higher than that of other groups with larger ACH; when room doors and windows were open, the ACH was 4 times as much as that when they were closed; moreover, closing doors and windows increased the indoor air concentrations of CO_2 , HCHO, and ^{222}Rn by 1—3 times; when the indoor air flow velocity was below 0.05 m/s the ventilation efficiency decreased to below 1.0, accordingly, the pollutants gradually accumulated and would finally impair the health of the residents. This study suggested that the proper arrangement of the ventilation in the light of the convection theory may effectively improve the air quality and thereby the health conditions of the residents.

Key words: ventilation in dwelling-house, indoor air quality, health efficiency.

Evaluation of the Pollution in Lake Dianchi with Zooplankton as Indicator. Huang haikui, Zhao Jia-chong (Kunming Municipal Institute of Environment Science): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(3), 1992, pp. 33—36

Analysis of the species and mass population of zooplankton was carried out by means of Sander's sparse curve and Shannon-Wiener's diversity index on different regions of lake Dianchi. Integrated with the output of the analysis of zooplankton indicator distribution, the following results were obtained: (1) the extent of pollution is obviously different in the inflake from the outlake i. e. the inflake is in α stage of pollution and the outlake is in β stage. (2) the gravity of pollution in different regions of lake Dianchi are: the exit of river Xinhe > the exit of river Daguang > the center of inflake > Huiwan > Darhewei > the middle of Guanyinshan. (3) the inflake is in the process of swamping.

Key words: lake Dianchi, zooplankton, pollution indicator, Sander's Sparse curve, Shannon-Wiener's diversity index.

Catalyst for Removing Carbon Monoxide at Room Temperature. Li Chunhua, Xu Hongbing and An Lidun (Lanzhou Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(3), 1992, PP. 37—39

Activated carbon compound carrier supported noble metal catalysts for the catalytical oxidation of CO were investigated in the following aspects: selection and preparation of supports and precursors of active components as well as preparation conditions of the catalysts. Results show that CO-20-2 catalyst made in this work can remove CO completely at room temperature. Both of its activity and stability are better than the catalysts available now.

Key words: palladium and platinum catalysts, carbon monoxide oxidation, activated carbon complex support.

Study on Pollution Contributions from Traffic in Beijing City. Han Zhixiong, Xing Yulan, Quan Baoling (Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(3), 1992, pp. 40—42

This paper clearly defines the conceptions for both road and regional pollution contributions and gives a set of methods for the calculation of regional pollution contribution. As an example, the pollution contributions of CO, NO_x , and THC, which are major pollutants from vehicles, were studied for a central area of 158 km^2 of Beijing city. The study shows that the regional pollution contributions for CO, NO_x and THC reached 14.3%, 32.2% and 86.6% in winter and 58.4%, 68.7%, and 86.6% in fall, respectively. While, the road pollution contributions for CO, NO_x and THC reached 65.7%, 71.6%, and 37.6% in winter and 58.8%, 75.5% and 67.5% in fall, respectively.

Key words: air pollution, traffic pollution.

Assessment of the Maximum Removal Rate of Pulp-making Waste Water with Flocculation Treatment by UF Technology. Cheng Yanjun (Environmental Protection Institute, Ministry of Light Industry): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(3), 1992, pp. 43—44

Relative molecular weight fractions of COD in the waste water were determined by UF technology, so as to estimate the maximum removal rate of COD with flocculation-treatment. It has been found that most of the COD in the water is associated with the fractions having molecular weight greater than 10000 or smaller than 3000; the maximum removal rate of COD is 71.3%.

Key words: UF, Flocculation, Pulp-making waste water, COD.

A Study on Denitrification of Coke-plant Wastewater through a Biological Process Wen Yibo

(Chemical Planning Institute), Zhang Huiming, Qian Yi (Department of Environmental Engineering, Tsinghua University): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(3), 1992, pp. 45—50

In this study, a biological process for controlling the concentration of residual nitrogen in coke-plant wastewater was investigated on a bench scale and through pilot plant experiments. It is concluded that the cultivation and acclimation of nitro bacteria is the key step of biodenitrification process, continuous acclimation gave better results than intermittent operations. 98—99% of $\text{NH}_3\text{-N}$ and more than 75% of the total nitrogen could be removed using A-A/O system when the fluctuation of influent quality is low and the operation parameters are rational. The anaerobic pre-treatment plays an important role in the process.

Key words: coke-plant wastewater, anaerobic pretreatment, nitrification, denitrification.

A Study on the Treatment of Tetracycline Spent Liquor by an Anaerobic-aerobic Process. Wang Lei, Yu Yixin (Department of Environmental Engineering, Tsinghua University): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(3), 1992, pp. 51—54

The anaerobic-aerobic process under study may effectively remove COD and tetracycline from the tetracycline spent liquor. The total retention time for the liquor is 30h (24h for anaerobic stage and 6h for the aerobic), the temperature for anaerobic stage is kept at 35°C and the volumetric loading for COD is 1.51 kg/m³·d. After removal of oxalic acid, being diluted and its pH value adjusted, the tetracycline spent liquor is used as sample water. The maximum allowable concentration of tetracycline was found to be 300 mg/L for anaerobic digestion.

Key words: anaerobic-aerobic process, tetracycline.

Rapid Mixing Chlorination for Water Disinfection and Its Efficiency. Shen Yaoliang (Department of Environmental Protection, Suzhou Institute of Urban Construction and Environmental Protection), Zhu Qinshi (Department of Environmental Engineering, Tsinghua University): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(3), 1992, pp. 55—59

Rapid Mixing chlorination process for water disinfection was developed with static mixer as the mixing device. Experimental results show that inactivation of *E. Coli*, which was chosen as the indicator of disinfection, by chlorine can be greatly improved by initial rapid strong mixing. 99.99% of *E. Coli* Killing efficiency can be obtained within 5 sec. of contact time. Effects of chlorine dosage and contact time on inactivation efficiency become less important with the increase of mixing strength. Compared with traditional chlorination processes, this method is 100 times more effective. In addition, both chlorine dosage and contact time can be greatly decreased.

Key Words: chlorination, water disinfection, *E. Coli*

Approaches to the Research of Environmental Impact Related to Water Conservancy Projects. Chen Guojie (Chengdu Institute of Mountain Disaster and Environment, Chinese Academy of Sciences): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(3), 1992, pp. 60—65

This paper gives briefly the contemporary trend of the utilization of water resources and the studies on environmental impact related to water conservancy projects. It also summarizes the progress, achievements and weakness of the studies in the area in China. Finally, the paper lists the steps towards strengthening the research of environmental impact related to water conservancy projects: (1) emphasizing the guiding role of idea of value in environmental impact assessment; (2) deepening and widening the studies on environmental carrying capacity for resettlement (3) paying more attention to the research in economic assessment; (4) developing risk analysis of environmental impact in the projects; (5) strengthening the studies of countermeasure system for adjusting environmental impact; (6) making efforts to set up fixed field observatories and stations.

Key words: environmental impact assessment, water conservancy project, environmental carrying capacity for resettlement

Rapid COD Determination by Using $\text{CuSO}_4\text{-KAl}(\text{SO}_4)_2\text{-Na}_2\text{MoO}_4$ as Catalyst. Wang Jun, Fan Shunli, Liu Xingwang (Henan Normal University, Xinxiang, Henan): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(3), 1992, pp. 66—69

A new procedure for the rapid determination of COD of waste water in the medium of H_2SO_4 and H_3PO_4 with $\text{CuSO}_4\text{-KAl}(\text{SO}_4)_2\text{-Na}_2\text{MoO}_4$ as catalyst was developed. Orthogonal experiments indicated the optimal conditions of the determination as: CuSO_4 , 0.4g, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$, 1.8g, Na_2MoO_4 , 0.5g, $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_3\text{PO}_4$ (V/V)=3:1, and the reflux time, 0.5 hour. Experimental results show that the proposed procedure is similar to the standard procedure in accuracy and reproducibility. The reflux time and the cost of reagents, however, were reduced to 0.5 hour and 50 percent of the standard procedure, respectively.

Key words: COD, determination, catalysts.

A Study on the Monitoring of Soil Pollution with the Technique of *Vicia Faba* Micronucleus. Jin Bo, Chen Guangrong, Li Ming, Wang Xingguo (Department of Biology, Central China Normal University, Wuhan): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(3), 1992, pp. 74—77

This paper reports the application of the technique of micronucleus from leaf and/or root tip cells of *vicia faba* to the detection of agricultural soil pollution in the suburbs of the cities of Honghu and Yingcheng. Through statistical analysis, it was observed that the MCN% of leaf and root cells of *vicia faba* treated with the soils of wheat and cotton field, rice field and vegetable plots by means of pot culture