

含硫酸盐有机废水处理问题的探讨

俞 汉 青

(合肥工业大学土木工程系)

摘要 本文分析硫酸盐对厌氧生物处理的不利影响,即硫酸盐通过硫酸盐还原菌对厌氧发酵的第一次抑制作用和硫酸盐的还原产物——硫化氢对产甲烷菌的第二次抑制作用。讨论决定硫酸盐对厌氧生物处理影响程度的几个因素:进水 $\text{COD}/\text{SO}_4^{2-}$ 、重金属离子浓度、消化液 pH 、厌氧污泥浓度等,并认为 $\text{COD}/\text{SO}_4^{2-}$ 是其中最主要的因素;最后对处理该类废水的几种方法进行了综述。

关键词 硫酸盐;厌氧处理;有机废水。

轻工废水和制药废水大多数属于高浓度有机废水,因而一般均用厌氧生物法进行处理。但是,一些轻工行业和制药行业在生产过程中,需加入硫酸、亚硫酸及其盐类作为辅助原料,故使其废水含有较多的硫酸盐或亚硫酸盐。而过高浓度的硫酸盐或亚硫酸盐能够严重地影响废水厌氧处理的效率,甚至使厌氧发酵完全失败。本文从几个方面对此进行探讨。

一、几种硫酸盐或亚硫酸盐含量较高的有机废水

1. 合成脂肪酸废水

浓硫酸是生产合成脂肪酸的辅助原料,投加量较大,废水中 SO_4^{2-} 浓度一般均超过 $10,000\text{mg/L}$, COD $10,000\text{mg/L}$ 以上。合成脂肪酸废水是该类废水中比较典型的一种。

2. 淀粉废水

在用玉米、山芋、马铃薯等生产淀粉时,需加入亚硫酸进行浸泡、洗涤和漂白,废水中亚硫酸盐浓度超过 350mg/L , COD 浓度为 $3,000—12,000\text{mg/L}$ 。

3. 造纸废水

亚硫酸盐法和硫酸盐法造纸,废水中 COD 达数万 mg/L , SO_4^{2-} 或 SO_3^{2-} 浓度为 $2,000—5,000\text{mg/L}$ 。

4. 酵母废水和糖蜜蒸馏废水

酵母废水中硫酸盐浓度为 $500—1,600\text{mg/L}$, COD 浓度为 $15,000—50,000\text{mg/L}$ 。糖蜜蒸馏废水的性质与酵母废水相似。

5. 制革废水

制革生产中铬鞣产生的废液含有较高浓度的碱式硫酸铬。在废液中加入碱沉淀, Cr^{3+} 可基本回收,但 SO_4^{2-} 进入废水中。制革废水中 SO_4^{2-} 含量可达 $400—1,500\text{mg/L}$, COD 浓度一般为 $2,000—3,000\text{mg/L}$, $\text{SO}_4^{2-}/\text{COD}$ 比值约为 $0.4—0.8$ 。

6. 制药废水

在一些医用药品生产过程中,常加入硫酸进行酸化,树脂再生和产品脱色,同时还加入硫酸铵、硫酸锌及亚硫酸钠等作为辅助原料,故其废水中硫酸盐浓度较高。例如,土霉素生产废水 SO_4^{2-} 浓度为 $2,000—4,000\text{mg/L}$, COD 为 $8,000—16,000\text{mg/L}$;麦迪霉素生产废水 SO_4^{2-} 浓度为 $4,000—5,000\text{mg/L}$, COD 为 $15,000—20,000\text{mg/L}$ 。

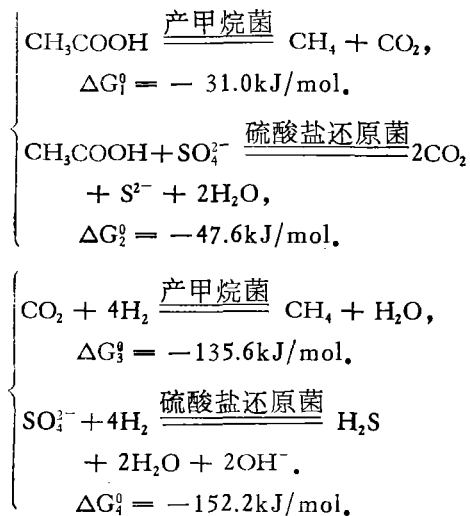
二、硫酸盐对厌氧生物处理的影响

亚硫酸盐对厌氧发酵的影响与硫酸盐相同,下文将亚硫酸盐归类于硫酸盐之中叙述。硫酸盐对废水厌氧生物处理的影响主要有三个方面。

1. 硫酸盐通过硫酸盐还原菌对厌氧发酵的影响

在废水有机物的厌氧消化过程中,产甲烷细菌对有机物的去除起了最关键的作用。研究表明^[4],废水中没有或只有少量硫酸盐还原菌存在时,硫酸盐还原菌可作为非产甲烷细菌降解有机物,并为产甲烷细菌提供基质;同时,还帮助维持介质的还原性质。所以,少量硫酸盐还原菌的存在是有益的。但是,当废水中有较多的硫酸盐存在时,硫酸盐还原菌将大量繁殖^[4],与产甲烷细菌竞争基质,且竞争能力强于后者,从而抑制产甲烷细菌的生长。

(1) 产甲烷菌和硫酸盐还原菌均可利用乙酸。H₂/CO₂ 作为基质,即发生下列生化反应^[7]:



由上可知, $\Delta G_2^0 < \Delta G_1^0$, $\Delta G_4^0 < \Delta G_3^0$, 即硫酸盐还原反应的自由能比甲烷发酵低。根据化学热力学基本原理, 释放能量多的反应更容易自发进行。故硫酸盐还原菌争夺 CH₃COOH、H₂/CO₂ 的能力强于产甲烷菌。

(2) 产甲烷菌可利用的基质种类极少, 它只能利用乙酸、H₂/CO₂ 及一些一碳有机物, 不能直接利用除乙酸以外的二碳以上的有机物^[9]。但是, 硫酸盐还原菌既能利用上述基质, 又可直接利用乙醇、脂肪酸等复杂的

有机物作为基质。

(3) 硫酸盐还原菌对乙酸、H₂/CO₂ 的亲合力也高于产甲烷细菌, 这也有利于硫酸盐还原菌对基质的竞争。

总之, 废水中硫酸盐含量较高时, 它通过硫酸盐还原菌对厌氧发酵产生第一次抑制作用。

2. 硫酸盐的还原产物硫化氢对厌氧发酵的影响

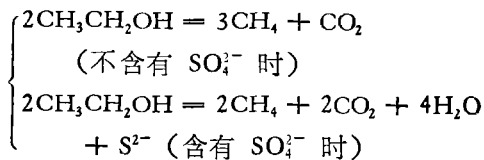
在厌氧条件下, 硫酸盐最终被还原为硫化氢。废水中存在少量的硫化氢, 有助于产甲烷菌的正常生长。但是, 大量的研究和实践均证明, 高浓度的硫化氢对产甲烷菌有很强的毒性。Cappenberg 在将产甲烷杆菌培养在以乙酸盐为唯一能源的培养基上时, 发现 H₂S 对产甲烷杆菌有明显的毒性^[5]。Anderson 也通过试验证明, 硫化氢属于产甲烷菌最重要的抑制物之一^[6]。研究还证明^[2], 硫化氢对产甲烷菌的抑制作用主要来自消化液中未离解的硫氢酸即游离 H₂S。但是, H₂S 对产甲烷菌抑制的机理尚不清楚。

上述分析表明, 硫酸盐在厌氧条件下的还原产物硫化氢对厌氧发酵产生第二次抑制作用。

3. 硫酸盐对沼气的产量和利用方面的影响

硫酸盐对厌氧发酵产物沼气的产量和沼气的利用均有不良影响。

(1) 硫酸盐还原菌夺取产甲烷菌合成 CH₄ 所需的基质, 而使 CH₄ 产量降低。现以乙醇发酵为例:



上面方程式说明, 由于废水中 SO₄²⁻ 的存在, 乙醇发酵的甲烷产量减少 1/3。

(2) 硫酸盐的还原产物硫化氢妨碍沼气的有效利用, 具体表现为:

① H_2S 累计浓度超过 $400\text{mg}/\text{m}^3$ 时,可造成工业危害^[4]。它直接腐蚀金属,又可在氧气存在下氧化成硫酸间接造成金属和混凝土的腐蚀。 H_2S 对建造消化器的混凝土壁、排污管道和输送沼气的钢管的损害最为明显。

② 用沼气发电时, H_2S 对燃烧沼气的发电机如汽轮机有严重的腐蚀性。作为家庭使用的生活能源,沼气燃烧时, H_2S 氧化生成的 SO_2 也会腐蚀灶具,污染室内空气,危害人体健康。

三、硫酸盐对厌氧生物处理的影响因素

一些研究者认为^[1,4,6], 硫酸盐浓度是决定影响程度的主要因素,并把进水硫酸盐浓度作为控制指标,规定了硫酸盐浓度的最高限值,即“浓度阈”或“毒性阈”,其数值一般为 $2,000-2,500\text{mg}/\text{L}$ 。但是,笔者认为用硫酸盐浓度作为控制指标尚有缺陷,进水 $\text{COD}/\text{SO}_4^{2-}$ 应是决定硫酸盐对厌氧处理影响程度的主要因素,而消化液 pH 值、厌氧污泥浓度、进水重金属离子浓度也是重要的因素。下面分别加以讨论。

1. 进水 $\text{COD}/\text{SO}_4^{2-}$

(1) 硫酸盐通过硫酸盐还原菌对产甲烷菌的抑制作用主要取决于进水 $\text{COD}/\text{SO}_4^{2-}$ 而非进水硫酸盐浓度。当进水 SO_4^{2-} 浓度一定时,硫酸盐还原菌的数量受到限制。如果废水中可降解的 COD 浓度较高,那么即使大部分有机物被硫酸盐还原菌利用,还将剩下一部分可被产甲烷菌利用的基质,产甲烷菌仍可得到足够的营养而生长繁殖。另一方面,前面所列的生化反应的自由能 ΔG_1^0 与 ΔG_2^0 、 ΔG_3^0 与 ΔG_4^0 数值相差较小,说明硫酸盐还原菌与产甲烷菌争夺乙酸、 H_2/CO_2 的能力相差并不悬殊, COD 浓度直接影响着两类细菌的竞争。所以,硫酸盐对产甲烷过程的第一次抑制作用主要取决于进水 $\text{COD}/\text{SO}_4^{2-}$ 。

(2) H_2S 对产甲烷菌的抑制作用也主要取决于进水 $\text{COD}/\text{SO}_4^{2-}$ 。硫酸盐在厌氧条件下还原为 H_2S ,其中一部分溶解于消化液中,另一部分则进入气相,并随沼气一道排出。当进入消化器废水的 SO_4^{2-} 浓度一定时,产生的 H_2S 总量也一定,但气相中 H_2S 浓度将随处理单位容积废水所产生的气体量而变化。相应地,溶解性 H_2S 浓度也随之变化。废水 COD 浓度越高,单位容积废水的产气量越大,随沼气排出的气相 H_2S 量就越多,消化液中的溶解性 H_2S 量就越少。Lettinga 在用 UASB 处理脂肪酸废水时,测定了进水 $\text{COD} = 20\text{g}/\text{L}$ 时的不同 $\text{COD}/\text{SO}_4^{2-}$ 条件下的溶解性 H_2S 浓度,其结果如图 1 所示^[2]。

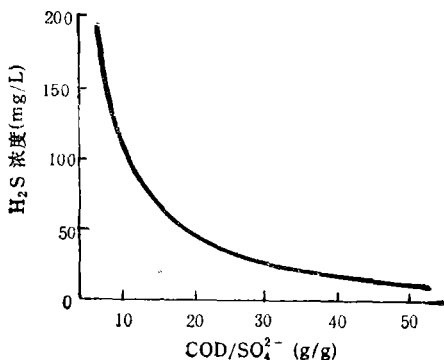


图 1 溶解性 H_2S 浓度与 $\text{COD}/\text{SO}_4^{2-}$ 的关系曲线

图 1 表明,溶解性 H_2S 浓度取决于进水的 $\text{COD}/\text{SO}_4^{2-}$ 。很明显,对产甲烷菌有毒害作用的只能是溶解性 H_2S 。而溶解性 H_2S 浓度又取决于进水 SO_4^{2-} 浓度和 COD 浓度,即硫酸盐的还原产物 H_2S 对产甲烷过程的第二次抑制作用主要取决于进水 $\text{COD}/\text{SO}_4^{2-}$,而非进水 SO_4^{2-} 浓度。

上述分析表明,进水 $\text{COD}/\text{SO}_4^{2-}$ 比进水 SO_4^{2-} 浓度更能准确地反映硫酸盐对废水厌氧发酵的影响程度。建议以 $\text{COD}/\text{SO}_4^{2-}$ 作为控制指标。Lettinga 等通过试验提出^[3],对含碳水化合物为主的有机废水,只要 $\text{COD}/\text{SO}_4^{2-} \geq 2\text{g}/\text{g}$,就可以完全去除硫酸盐,

从而使废水厌氧处理得以顺利进行。笔者曾用填充软性填料的上流式厌氧滤床处理制革废水,废水 COD 浓度为 2,500—3,000mg/L, SO_4^{2-} 浓度为 800—1,200mg/L。图 2 表示了在不同容积负荷条件下系统的 COD 去除率与进水 COD/ SO_4^{2-} 的关系。

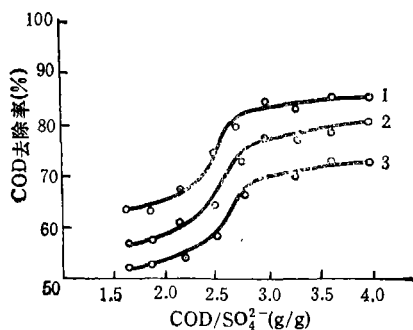


图 2 系统 COD 去除率与进水 COD/ SO_4^{2-} 的关系
1. 负荷 6.4kgCOD/ $\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 2. 负荷 7.9kg COD/ $\text{m}^3 \cdot \text{d}$
3. 负荷 8.5 kgCOD/ $\text{m}^3 \cdot \text{d}$

由图 2 可知,随着进水 COD/ SO_4^{2-} 的降低,COD 去除率呈下降趋势。当 COD/ SO_4^{2-} 值为 2.5—2.8 时,COD 去除率迅速下降;当 COD/ SO_4^{2-} > 2.8 时,COD 去除率下降缓慢。因此,可认为制革废水中硫酸盐的毒阈值 COD/ SO_4^{2-} 约为 2.8 左右。

对于其他含硫酸盐有机废水,COD/ SO_4^{2-} 指标的数值范围仍有待于进一步试验确定。

2. 消化液 pH 值

厌氧消化液中总溶解性硫化氢 TSS 等于游离 H_2S 和离解硫化氢 HS^- 之和,即:

$$[\text{TSS}] = [\text{H}_2\text{S}_{\text{游}}] + [\text{HS}^-]; \quad (1)$$

$$\text{离解 } \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}_{\text{游}}]} = K_1 \quad (2)$$

(K_1 为电离常数)

$$\text{联立 } [\text{H}_2\text{S}_{\text{游}}] = \frac{[\text{TSS}]}{1 + \frac{K_1}{[\text{H}^+]}} \quad (3)$$

从式(3)可以看出,游离 H_2S 浓度即 $[\text{H}_2\text{S}_{\text{游}}]$ 与消化液中总溶解性 H_2S 浓度和消化液 pH 有关。当进水 COD/ SO_4^{2-} 一定时,

$[\text{TSS}]$ 也一定,则随着消化液 pH 的升高,游离 H_2S 浓度将下降。式(3)可以转化为

$$\frac{[\text{H}_2\text{S}_{\text{游}}]}{[\text{TSS}]} = \frac{1}{1 + 8.9 \times 10^{-8} \cdot \text{pH}},$$

$$K_1 = 8.9 \times 10^{-8}.$$

$\frac{[\text{H}_2\text{S}_{\text{游}}]}{[\text{TSS}]}$ 与消化液 pH 的关系曲线见图 3。

研究表明, H_2S 对产甲烷菌的毒性主要来自游离 H_2S 。在进水 COD/ SO_4^{2-} 一定时,消化液 pH 将决定游离 H_2S 浓度,也就决定了 H_2S 对厌氧发酵的抑制程度。Hoeks 等^[5]在处理脂肪酸废水时, COD/ SO_4^{2-} 有时只有 0.8g/g,但反应器仍保持较高的效率,他们认为问题的关键在于控制消化液 pH 在 7.5—8.0 范围内运行。在该范围内,游离 H_2S 占总溶解性 H_2S 的 10—30%。因此,即使总溶解性 H_2S 浓度较高,对产甲烷过程起抑制作用的游离 H_2S 浓度也较低,使反应器维持较高效率。

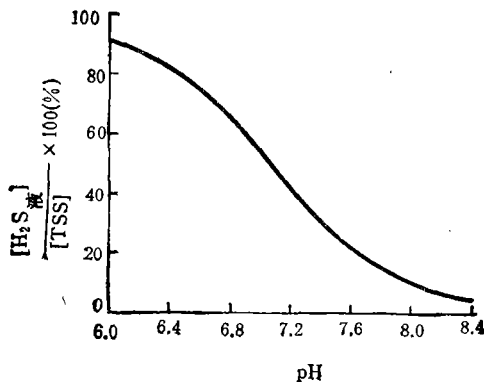


图 3 游离 H_2S 占总溶解性 H_2S 的百分比与消化液 pH 的关系曲线

3. 污泥浓度

在游离 H_2S 浓度相同的情况下,如果消化器内污泥浓度高,则相应单位微生物量所承受的 H_2S 负荷就小,即消化器受到抑制的程度要小。对此可作如下解释:如果消化器内污泥浓度高,受 H_2S 抑制的产甲烷菌数占总的活菌数比例就少。相对地,消化器内剩余的具有活性的产甲烷菌则越多。所以,污

泥浓度高的新型厌氧消化器,如 UASB 和 AF,对硫酸盐的忍受能力比较强。Mulder 用 UASB 处理酵母废水^[4],消化液中游离 H_2S 浓度超过 90mg/L ,此时污泥的甲烷化活性相对较低,但由于污泥浓度很高,而使系统容积负荷率仍达 $14\text{kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$,COD 去除率大于 75%。该生产性试验的结果说明厌氧污泥浓度是决定硫酸盐影响程度的重要因素。

4. 重金属离子浓度

当重金属和硫化物在消化液中并存时,它们之间进行络合反应生成不溶性的金属硫化物沉淀。所以,废水中若存在重金属离子,消化器忍受硫酸盐的能力可大为增强。例如,制革废水中既含 SO_4^{2-} ,又含 Cr^{3+} 。废水进入消化器后, SO_4^{2-} 被还原为 S^{2-} ,而 S^{2-} 可与 Cr^{3+} 反应生成 Cr_2S_3 沉淀。笔者用厌氧滤床处理制革废水时,原废水含溶解性总铬 $25\text{—}40\text{mg/L}$,但其出水的溶解性总铬浓度均低于 1.5mg/L ,这说明一部分 Cr^{3+} 与 S^{2-} 反应生成沉淀,从而降低了硫酸盐对制革废水厌氧处理的影响。

四、含硫酸盐有机废水的处理

近年来,针对该类废水的特点,主要研究了厌氧生物法等处理方法。

1. 厌氧生物法

该类废水含有大量可生物降解的有机物,而厌氧法特别适合于处理高浓度有机废水。因此,大多数研究者仍把厌氧法处理该类废水作为主要研究内容^[2,5],并认为问题的关键在于设法通过预处理减少废水中的 SO_4^{2-} 。根据预处理方式的不同,可分为下列三种方法。

(1) 两级厌氧消化法 两级厌氧消化法是用两个不同容积的消化器串联进行厌氧发酵。废水首先进入容积较小的第一级消化器。其中硫酸盐还原菌在与产甲烷菌的竞争中占优势,大部分硫酸盐被还原为 H_2S ,一部

分 H_2S 以气体形式释出。这样,进入第二级消化器的水中硫酸盐浓度较低,有利于以产甲烷为主的第二级消化器的正常运行。废水中的有机物主要在第二级消化器中被去除,并产生质量较好的沼气。试验研究证明^[2,3],两级厌氧消化法能够有效地处理硫酸盐含量高的废水。据 Lettinga 报道^[2],在荷兰 Dekrim 的马铃薯淀粉废水处理站,建立了 $1,700\text{m}^3$ 的第一级消化器和 $5,500\text{m}^3$ 的第二级消化器。第一级的主要任务就是去除废水中的 SO_4^{2-} ,第二级则主要进行产甲烷发酵。该系统的有机物负荷率较高,有机物去除率也很好。现在,欧洲的丹麦、比利时已有一些用两级厌氧消化法处理该类废水的生产性装置。

(2) 沉淀-厌氧法 废水中所含的硫酸盐和反应生成的硫化物均可与一些金属离子形成沉淀。基于这个原理,可以采用在废水中投加金属盐形成沉淀而降低其毒性的方法,从而使厌氧发酵得以顺利进行。国内外已试验研究了多种沉淀剂。其一是钡盐,如 BaCl_2 。 Ba^{2+} 与 SO_4^{2-} 生成极难溶解的 BaSO_4 沉淀,对 SO_4^{2-} 去除效果很好。但是, BaCl_2 投加量过大且价格高,故实际运行中难以大量使用。其二是铁盐。 Fe^{2+} 极易与 S^{2-} 生成 FeS 沉淀,能很好地去除 S^{2-} 。现已有添加亚铁盐用于处理亚硫酸盐法造纸废水的成功经验^[4]。

但沉淀-厌氧法的主要缺点是,药剂投加量大,费用较高,且产生了大量的污泥需进一步处置。

(3) 扩散渗析-厌氧法 该方法的原理是,将废水引入扩散渗析器的原液室内,原液室和回收室之间装有一种对 SO_4^{2-} 有选择透过性的阴离子交换膜。由于浓度差,废水中的 SO_4^{2-} 将不断扩散进入渗析器的回收室。这样,原液室内的废水中 SO_4^{2-} 浓度变得较低,废水可以进入厌氧消化器进行处理。由于扩散渗析器结构简单,不消耗能量,不需投

加药剂,用该法对废水中 SO_4^{2-} 进行预处理已引起人们很大兴趣,但目前仍处于小试阶段。该方法的主要缺点是:废水中往往含有较多的悬浮物质,容易堵塞离子交换膜。这有待于研究改进。

2. 酵母菌法

近十几年来,人们开始利用氧化型酵母菌处理工业有机废水^[8]。该方法的原理是,在适当环境条件下,只要供给充足的氧气,氧化型酵母菌就可以把有机废水中的碳水化合物完全氧化为 CO_2 和 H_2O ,酵母菌法处理废水有很多独到的优点。如酵母菌有很强的耐盐能力,能够忍受废水中含量极高的硫酸盐^[8]。因此,该方法特别适用于处理富含硫酸盐的有机废水。例如,日本吉沢 淑用酵母菌法处理脂肪酸废水^[8],其 BOD₅ 去除率达到 90% 以上。

五、结 语

硫酸盐是一些轻工废水和制药废水中常见的污染物。硫酸盐对废水的厌氧处理产

生不利影响,其影响程度主要取决于进水 COD/ SO_4^{2-} ,也与消化液 pH、污泥浓度等有关。现已研究出几种处理该类废水的方法,但仍不够成熟和完善。另外对 COD/ SO_4^{2-} 阈值也缺乏足够的了解,须进一步试验研究。

参 考 文 献

- [1] Webb, A., *Biotech. Advs.*, 2(4), 273 (1984).
- [2] Lettinga, G. et al., *Presented at the 4th AD-Symposium*, p. 279, Guangzhou, China, 1985.
- [3] Lettinga, G. et al., *Biotech and Genetic Engineering Reviews*, 2(9), 253(1984).
- [4] Mulder, A., *Innovations in Biotechnology*, pp. 133—151, Elseviews Science Publishers BV, Amsterdam, 1984.
- [5] Hoeks, F.W. et al., *Innovations in Biotechnology*, pp. 113—132, Elseviews Science Publishers BV, Amsterdam, 1984.
- [6] Anderson, R.E., *Process Biochemistry*, 23(7—8), 28(1982).
- [7] 郑平,环境污染与防治,10(6),22(1988).
- [8] 吉沢 淑,公害と対策,22(2),14(1986).
- [9] 郑元景等,污水厌氧生物处理,第117页,中国建筑工业出版社,北京,1988年.

(收稿日期 1990 年 10 月 11 日)

小型高效需氧流化床废水处理装置

日本小松制作所和小松化学公司研制成小型高效需氧流化床废水处理装置。

该装置采用新近研制的多孔细粒有机载体,载体表面固定利用氧气净化废水的需氧微生物。循环使用处理罐内的载体,使需氧微生物的密度保持高水平,以便快速处理废水。实验装置已在小松化学公司的千叶厂内安装,对该装置的效率进行全面测试。小松化学公司首先向饭店和食品厂供应这种比较小型的废水处理装置(生产能力大约为数百吨/天)。

新装置中微生物的密度大,因而处理能力高,与具有同等处理能力的常规装置相比,新装置的体积和处理时间减少 1/4—1/5,能耗少得多,装置占地面积大大减少。

该装置能适应废水负载波动,配合凝聚沉淀处理,该装置能连续处理废水,使废水的生化需氧量少于 20ppm,另外,该装置能以组合式部件在工厂中总装,降低了安装成本,并能在装成后立即交付使用。

钱玲华译自 *〈New Technology Japan〉*

18 (7), 38(1990).

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

pp. 68—73

This paper introduces several common high sulfate-containing organic wastewater and analyses the detrimental effect of sulfate on anaerobic biological treatment. This includes the first inhibiting effect of sulfate-reducing bacteria on the anaerobic fermentation and the second inhibiting effect of hydrogen sulfide, the reduction product of sulfate, on the methane-producing bacteria. The main factors which determine the extent of the effect of sulfate on the anaerobic treatment, such as COD/SO₄(II) and heavy metal ion concentration of the wastewater to be treated, and pH of digestive juice, anaerobic sludge concentration etc., were discussed. It is found that COD/SO₄(II) of the wastewater is the key factor. Several methods for treatment of this kind of wastewater were also reviewed.

Key Words: Sulfate, Anaerobic treatment, Inhibition.

Environmental Organism Investigation and Environmental Quality Assessment of Intakes of Yangtze River, The Second Water Source of Shanghai. Zhao Lihua, Yao Gendi, Guo Luji, Zheng Liexun, Jiang Xinpo, Zhang Min (Shanghai Fisheries Research Institute), Yang Hequen (Shanghai Fisheries University): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(5), 1991, pp. 74—78

The environmental quality of two water intakes in the Yangtze River, the second water source of Shanghai was assessed by using the phase-dividing method of aquatic organisms and saprobe system. Two sampling stations. Liuhe and Langgang, both located on the southern shore of the Estuary of Yangtze River were selected. Investigations of phyto- and zooplankton were conducted at inshore (5 meters deep) and offshore (10 meters deep and upper, lower layers) sections of the stations in low water (Feb. to March) and high water (July) period of 1989, respectively. Results of synthetic assessment showed that these two intakes belonged to B-mesosaprobic Zone, within the area of clean zone. However, the environmental quality of Langgang station is comparatively better than that of Liuhe station; off-shore better than inshore; flood tide of high water period better than the ebb. It was also found that the water quality in low water period at Liuhe station is better than that in high water period, but at Langgang station, the situation is quite the contrary. The water quality was mainly influenced by the flow from the adjacent rivers, by the sewage discharges from Shanghai and by the flowing direction changes of sewage during flood and ebb tide. These reflected the complexity of the estuary environment.

Key Words: Yangtze water intake, environmental organism, assessment of water quality.

A Survey on the Background Contents of

15 Rare Earth Elements in Chinese Soil. Wei Fusheng, Liu Tingliang, Teng Enjiang and Rui Kuisheng (China National Environmental Monitoring Center, Beijing): *Chin. j. Environ. Sci.*, 12(5), 1991, pp. 78—82

863 soil samples were collected from 41 kinds of Chinese soils and the contents of 15 rare earth elements in the soil samples were determined. The REE patterns and their fractions in Chinese soils were discussed and their midvalues, arithmetic means, geometric means, standard deviations and the range values with the confidence level of 95% were given. The differences of REE contents in 41 kinds of soil and in 34 districts were also discussed.

Key Words: Chinese soils, rare earth elements, background contents.

Prediction of Pollution Effect of Jiujiang Power Station on Lushan Natural Reserve Area—A Study on the Application of Complex Terrain Diffusion Model (CTDM). Xu Dashi, Pan Zaitao (Academy of Meteorological Science, State Meteorological Administration), Liu Zulan, Wu Wanyou (Institute of Meteorology, Jiangxi Meteorological Bureau): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(5), 1991, pp. 83—88

By using the complex terrain diffusion model enacted by EPA of the United States in November 1987, the possible pollution effect of sulfur dioxide from the first, second phases and the third phase, which is under construction, of Jiujiang Power Station on Lushan Natural Reserve Area is estimated. The computation shows that CTDM is versatile and convenient to apply. The distribution of SO₂ concentration resulting from airflow both passing over and turning around the mountain body is well defined and reasonable.

Key Words: diffusion model, SO₂ pollution.

The Fuzzy Decision Method of Water Quality Nutrition Evaluation of Lakes. Cao Bin, Song Jianshe (The Second Artillery Engineering Institute, Xi'an): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(5), 1991, pp. 88—91

In the light of the fuzzy characteristic among grades of water quality nutrition evaluation in lakes and on the basis of fully considering the weights of water quality pollution factors, the water quality nutrition evaluation model of lakes was established by applying the fuzzy, composite assessment. The nutrition levels of five major lakes in our country were studied with a more satisfactory result compared with other methods. Thus, an accurate and effective decision method has been provided for water quality nutrition evaluation of lakes.

Key Words: water quality nutrition, environmental quality evaluation, fuzzy composite.