

珠江广州河段员村段的底泥耗氧

刘富强 杞 桑

(暨南大学水生态科学研究所, 广州 510632)

摘要 探讨广州珠江员村段底泥的耗氧特点及总底泥耗氧中生物耗氧和非耗氧所占比例。结果表明,在实验期间内平水期底泥只出现前 6h 的持续耗氧过程,而丰水期底泥除出现前 6h 的快速耗氧外,还表现出相对较缓慢的耗氧过程。两水期底泥耗氧中化学耗氧起主导作用。同温、同流量条件下,平水期的底泥耗氧速率略低于丰水期。由实验推导出两水期底泥耗氧速率与温度及流量之间的关系为: $SOD_{\#}=0.4945 \times 1.0058^{(T-20)} (T \leq 37^{\circ}\text{C})$, $SOD_{\#}=0.6155 \times 1.0234^{(T-20)} (T \leq 37^{\circ}\text{C})$, $SOD_{\#}=0.1623 \times 1.0912^Q$, $SOD_{\#}=0.2393 \times 1.0857^Q$ 。

关键词 珠江,底泥,生物耗氧,非生物耗氧。

污染物进入水体后,有相当一部分沉积到底泥中,然后又通过各种生物的或化学的反应,对水体产生作用,成为水体的次生污染源^[10-14]。在底泥对水的作用中,往往消耗水层底部一定量的溶解氧,从而引起一系列的生态效应。因此,对底泥耗氧的研究是水污染生态学和环境监测中一项十分重要的内容。

底泥耗氧与许多因素,如温度,底泥深度,生物状况等有关^[11],依条件的不同,底泥耗氧可占水体耗氧 20%—100%^[12-14]。耗氧量的大小,也随具体的水体而异。其中,生物耗氧占总耗氧的 50%—90%^[5,7,13]。可见,有关这方面的研究尚难得出规律性的结论,而在水质管理中又迫切需要提供数据,以制定出切实可行的管理标准^[9]。

我国对底泥耗氧的研究始于 80 年代,目前已对苏州外城河^①,沱江^[4]和上海苏州河^[1]作了一些研究,得出了这些河流的耗氧量,为进一步开展我国河流的底泥耗氧的研究提供了十分有益的数据。

珠江为华南地区的最+水系,部分流经广州的河段,习惯上称为珠江广州河段。此河段的水质与广州的经济发展及居民生活息息相关,因而受到各方面的关注。本文报道本河段的广州市中心与近郊交界的员村设点取泥样进行底泥耗氧量的测定结果,探讨在不同流量,温度下耗氧量的变化以及生物在耗氧中所占的比例等问题。

1 实验

1.1 材料

实验用的底泥用 Ekman 采泥器取自珠江广州河段的员村段右岸(图 1,面向河口)。

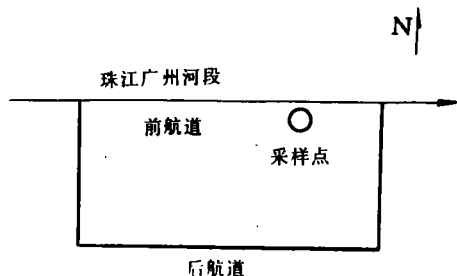


图 1 采样点位置示意图

历次的采样点均尽可能保持一致。采样时,首先在直径约为 0.5m 的塑料盆底铺上一块约 20cm² 的洁净塑料纸,把采泥器中的泥样倾在塑料纸上,再把塑料纸边同泥样一起移到自制的反应器中。采样时间为 1991 年 5 月 25 日—6 月 30 日(平水期),共采样 8 次;7 月 8 日—8 月 5 日(丰水期)共采样 5 次。

1.2 实验装置

反应器为自制的。材料为有机玻璃。略呈长方形,长 15.5cm,宽 15cm,高 20cm(图 2)。分别在 a、b、c3 处各开一直径为 1.5cm 的孔。a、b

• 徐惠慈等。苏州水网水质参数计算。苏州市环境监测中心站。1984:14—24(内部资料)
1993 年 4 月 30 日收到修改稿

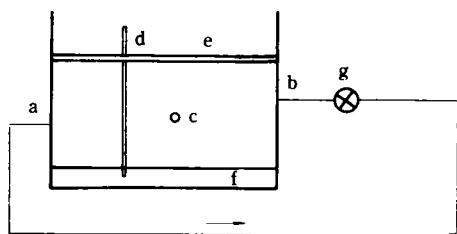


图2 底泥耗氧实验装置

a. 出水孔 b. 入水孔 c. 采水孔 d. 温度计。
e. 石蜡层 f. 底泥 g. 恒流泵

两孔通过硅胶管与恒流泵相连。a 为出水孔，距底 8cm，b 为入水孔，距底 9cm，c 孔为供注射器吸收反应器内的水样用，距底 8cm。实验开始时，用硅胶管把 a、b 两孔与恒流泵串联起来，即成为本实验所用的装置。每次所装的底泥样厚度约 3—4cm。同时采集一些泥样作底泥的含水量和有机物含量的测定以及颗粒度分析。

1.3 实验方法

含水量和有机物含量按国家环保局规定的方法^[2]，颗粒度按比重法^[3]。

泥样采集后立即携回实验室，用充气的蒸馏水作覆盖水，在倾注覆盖水的过程中尽可能不搅动底泥。覆盖水高度为 13cm，上面再倒厚约 1cm 的液体石蜡，防止覆盖水与空气进行气体交换。据 Bowman 综述前人的结果，覆盖水的体积与底泥表面积之比为 $132\text{L}/\text{m}^2$ 时，对绝大多数底泥来说，在 24h 之内能使反应器内的溶解氧降到 $2\text{mg}/\text{L}$ 左右，这样既节省了时间，各次平行实验之间的相对误差又较小^[6]。本实验覆盖水与底泥面积之比为 $130\text{L}/\text{m}^2$ 。

整个实验装置置于恒温培养箱中，温度视需要而定。实验开始时，启动循环泵，控制一定的流量，1h 后测定反应器中的溶解氧浓度作为整个反应的起始浓度。溶解氧的测定方法为首先用注射器抽取约 30ml 的水样，在注射器完成溶解氧的测定及酸解过程，具体步骤按国家环保局指定的方法^[2]。以后每隔 2h 测 1 次溶解氧浓度，直至 24h 或溶解氧降到 2—3mg/L 为止。

为了区分出丰水期生物耗氧和化学耗氧各

占多大比例的问题，本实验采用 HgCl_2 作为消除生物影响的试剂，其最终浓度为 50ppm。

2 结果

2.1 底泥性状、颜色和气味

平水期底泥呈灰色，质地结实，带有很浓的泥腥味，含水量为 47.4%，有机质含量为 5.7%。其颗粒度分析结果见图 3。在此期间，只有 6 月 19 日的实验中发现有几条水丝蚓 (*Limnodrilus* spp.)

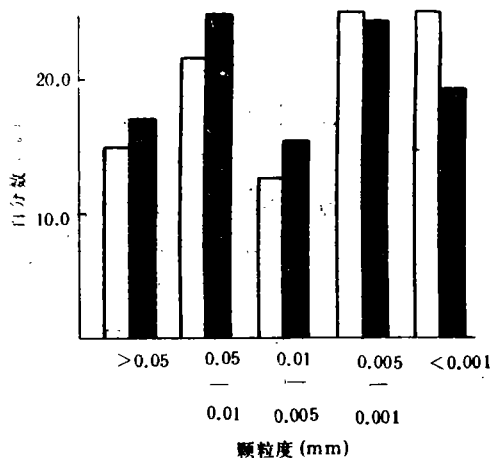


图3 平水期和丰水期底泥颗粒度组成

1. 平水期 2. 丰水期

丰水期由于雨水较多，地表径流从上游冲刷下来大量泥砂，珠江水浑浊不堪，外观呈黄泥色。这些泥砂在随水流动过程中会慢慢沉降下来。用采泥器采集到的泥样从外表看，表层 2—3cm 呈灰黄色，有轻微的泥腥味，可以认为这层流质状的底泥大部分是由刚沉积下来的泥砂组成的，在这层的下方仍呈灰黑色，是原有底泥部分，整个底泥质地松软，含水量为 62.6%，有机质含量为 4.8%。其颗粒度组成见图 3。在此期间底栖生物主要为寡毛类中的水丝蚓和苏氏尾鳃蚓 (*Branchiura sverbyi*)，数量为 40000—60000 条/m，在实验过程中甚为活跃。

2.2 流量一定而不同温度下耗氧的实验结果

流量为 $10\text{ml}/\text{s}$ ，温度为 20°C ， 25°C ， 30°C 。温度变化范围为 $+1^\circ\text{C}$ ，溶解氧变化曲线如图 4。

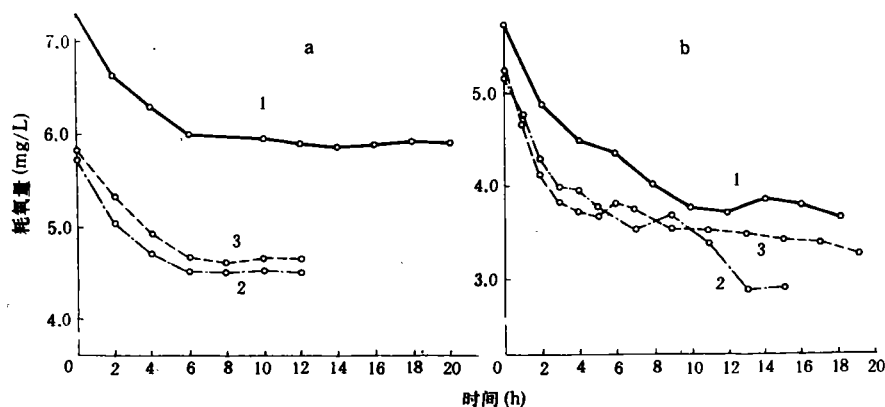


图 4 平水期(a)和丰水期(b)不同温度下底泥耗氧量
(10ml/s 流量)

1. 20°C 2. 25°C 3. 30°C

有关底泥耗氧速率的计算问题, Bowman 等综述前人的研究成果得出了在溶解氧浓度为 2—8mg/L 的条件下, 底泥耗氧速率为一常数的结论, 也即底泥耗氧速度在上述范围内不依赖于溶解氧浓度的变化, 为零级反应^[6]。但 Edwards 及 Rolley 报道底泥耗氧速度与溶解氧浓度之间呈一定的幂函数关系, 并且得出了 $y = ac^b$ 的计算方程, 其中 y 为耗氧速率, c 为溶解氧浓度^[11], a, b 为常数。Campbell 等也报道了底泥耗氧速率同溶解氧浓度间的相关关系^[8]。

本文以 20°C 的耗氧实验数据为例, 按两种不同方法处理, 一种为按零级反应, 另一种为按一级反应, 并分别作溶解氧浓度及其对数对时间的关系, 经检验, 按零级反应处理其剩余均方为 0.0797, 而按一级反应处理其剩余均方为 0.0878, 前者小于后者, 因此, 按零级反应处理上述数据是合理的。以下各次实验均按此法处理。

$$c_t = c_0 - R_t$$

式中, c_t 为 t 时间的溶解氧浓度 (mg/L), c_0 为 0 时间的溶解氧浓度 (mg/L), R 为耗氧系数 (mg/(L·h)), t 为时间。用最小二乘法原理求出 $R = 0.1585 \text{ mg}/(\text{L} \cdot \text{h})$ 。经过换算, 可求出单位时间 (d), 单位面积 (m^2) 的耗氧量 (g):

$$\text{SOD} = R \cdot 24V / S$$

式中, SOD 为底泥耗氧速率 ($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$), V 为覆盖水体积 (L), S 为底面表面积 (m^2), 最后求出底泥耗氧速率为 $0.495 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ (表 1)。

表 1 不同温度的底泥耗氧量 ($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$)

水 期	温度 (°C)		
	20	25	30
平水期	0.495	0.498	0.524
丰水期	0.615	0.707	0.776

流量: 10ml/s

以温度 20°C 为最低影响温度, 按下列方程, 可由实验数据推出耗氧速率对温度的关系:

$$\begin{aligned} \text{SOD}_T / \text{SOD}_{20} &= ae^{Kt} / ae^{K \times 20} \\ &= e^{K(t-20)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SOD}_T &= \text{SOD}_{20} e^{K(t-20)} \\ &= \text{SOD}_{20} [e^K]^{(t-20)} \end{aligned}$$

式中, e 为温度系数, 以 θ 表示, 上式即变为: $\text{SOD}_T = \text{SOD}_{20} \theta^{(t-20)}$ 。将平水期 20°C 时的耗氧量代入, 得出在上述流量条件下, 20°C 以上的任意温度下的底泥耗氧量, 理论值与实验值相比, 其相对偏差在 5% 以内。

2.3 温度一定而不同流量下的耗氧实验结果

温度取 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 流量取 10ml/s, 13ml/s, 15.5ml/s, 20ml/s。实验结果见图 5。

由图 5 看出, 不同流量的耗氧过程中它们表现出的规律大致相同, 即在前 6h, 底泥快速耗氧, 其溶解氧浓度随时间呈线性下降, 在以后的时间里, 反应容器中的氧基本不发生变化, 曲线表现出近于与横座标相平行的趋势。由曲线拟合检验结果, 将它们按零线反应处理。其前 6h 的耗氧速率分别为: $0.381 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, $0.592 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

d), 0.387g/(m² · d), 0.922g/(m² · d)。虽然

(m² · d), 后者按一级反应处理, 其耗氧速率为 0.0537g/(m² · d)。

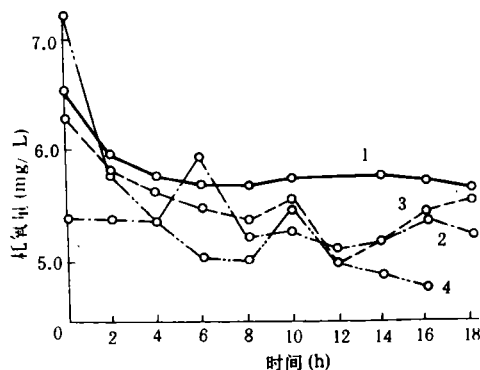


图 5 平水期不同流量下底泥耗氧量(温度 25℃)

1. 10ml/s 2. 13ml/s 3. 15.5ml/s 4. 20ml/s

15.5ml/s 时的数值较低, 但仍然具有指数函数关系, 故用方程:

$$SOD_T = ab^V \quad (V \text{ 代表流量})$$

拟合其曲线, 并用最小二乘法求出 a 、 b 。代入有关数据后, 最后得关系式为:

$$SOD = 0.162 \times 1.091^V$$

用方程计算所得的数据同实验所得的数据相比, 结果见表 2。

表 2 平水期不同流量(V)下 SOD 的理论计算值与实测值

值	流量 V (ml/s)		
	10	13	20
实验值	0.381	0.592	0.922
理论值	0.388	0.505	0.929
相对偏差(%)	-2.03	8.70	-0.87

相对偏差除 13ml/s 流量下大于 5% 外, 其余两种流量下其相对偏差不超过 5%。故用上述方程拟合平水期 25℃ 条件下的底泥耗氧速率是可行的。

对于丰水期, 流量为 13ml/s 的底泥耗氧待下面分析底泥耗氧中生物耗氧和化学耗氧所占比例时再叙述。而流量为 10ml/s, 温度为 25℃ 时的底泥耗氧前已述及, 兹不重复, 在流量为 15ml/s 条件下, 耗氧随时间的变化见图 6。

从图 6 中可以看出, 从零点到第 7h 其溶解氧迅速下降, 而从 7h 以后溶解氧降低较缓慢, 因此前者按零级反应处理, 其耗氧速率为 0.839g/

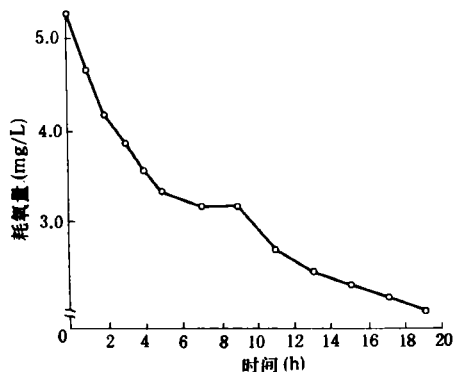


图 6 丰水期底泥耗氧(温度 25℃, 流量 15ml/s)

2.4 丰水期生物耗氧与化学耗氧在底泥耗氧中的比例

同时在野外条件下采集 2 份泥样, 置于 2 个相同的反应器中, 往其中一个反应器中加入 HgCl₂ 母液, 使 HgCl₂ 浓度最终成为 50ppm。实验表明, 在此浓度下 HgCl 能在 20s 内杀死泥样中的寡毛类等, 并能显著抑制微生物的生长。温度控制在 25±1℃, 流量为 13ml/s。2 种条件下的水中溶解氧随时间的变化曲线见图 7。

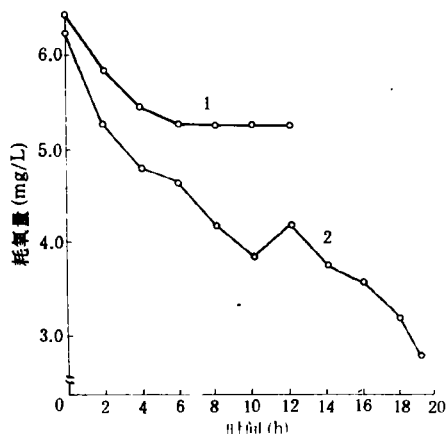


图 7 丰水期 HgCl₂ 存在与否底泥耗氧量

1. 有 HgCl₂ 2. 无 HgCl₂

从图 7 可看出第 6h 为溶解氧浓度变化由快到慢的转折点。前 6h 耗氧速率 0.672g/(m² · d), 6h 以后的耗氧速率为 0.017g/(m² · d)。在加

了 HgCl_2 的反应器中,其溶解氧浓度从第 6h 以后仅有在误差范围内波动。因此,从 0—6h 这段时间内,作零级反应,其耗氧速率为 $0.526\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

从图 7 还可以看出,在加了 HgCl_2 的反应器中,其溶解氧浓度从开始时的 $6.48\text{mg}/\text{L}$ 降至第 6h 的 $5.26\text{mg}/\text{L}$,降低了 1.22 个单位,这一部分为化学耗氧,而未加 HgCl_2 的反应器中其前 6h 的溶解氧从开始时的 $6.23\text{mg}/\text{L}$ 降到 $4.66\text{mg}/\text{L}$,降低了 1.57 个单位,在这 1.57 个单位中,其化学耗氧占了 1.22 个单位,生物耗氧占了 0.345

个单位,则在前 6h 内生物耗氧占了总耗氧的 22.1%,化学耗氧占了 78.0%。未加 HgCl_2 的反应器中,6h 以后的耗氧可以认为大部分为生物在起作用,其溶解氧浓度从 $4.66\text{mg}/\text{L}$ 降到第 19h 的 $2.77\text{mg}/\text{L}$,减少了 1.89 个单位。所以从总的耗氧过程来看,前 6h 为化学耗氧在起作用,其后为生物耗氧占主导地位,发生了从化学到生物耗氧的转变。

至此,可综合丰水期 25°C 温度条件下,不同流量所表现的不同耗氧速率(表 3)。

表 3 丰水期不同流量(V)下的耗氧速率(前 6h)

流量(ml/s)	10	13	15
耗氧速率($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$)	0.552	0.672	0.839

其耗氧速率对流量的函数关系,依照上述方法,可用下面方程拟合:

$$\text{SOD}_{\text{丰}} = 0.239 \times 1.086V$$

经检验,实测值与计算值相对偏差不超过 5%。

3 讨论

底泥耗氧涉及许多问题,底泥中存在的还原性二价铁与底泥中的固体颗粒,形成一层不溶性的铁的覆盖物,覆盖于底泥的最外表面,这样就对下层底泥的进一步氧化起一定的阻遏作用,导致了底泥耗氧速率的减弱^[19]。本文的结果与上述分析相似。

但是,不同的河流或湖泊,各种环境条件不尽相同,因此底泥的耗氧状况也有差别。例如, Rolley & Owens 对英格兰 21 条河流 74 处底泥

的耗氧特征研究中,得出其底泥耗氧速率的变化范围为 $0.144—9.84\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ^[15],其他的研究结果均落在此范围(表 4)。本文在各种条件的实验结果为 $0.381—0.992\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,也不例外。应当指出,底泥耗氧受许多因素的影响,各作者的实验条件也不尽相同,因此,难作绝对的比较。

表 4 若干作者对底泥耗氧的研究结果

地 点	底泥耗氧($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$)	作 者
英格兰	0.144—9.840	Rolley & Owens ^[15]
Lower Greew 湾	0.15	Bowman 等 ^[6]
Passaic 河	0—2.43	Uchirin & Ahlert ^[18]
苏州外城河	0.477	徐惠慈等*
沱江	0.97	詹朝坤等 ^[4]
上海苏州河	1.28	方宇超 ^[1]
珠江广州员村	0.381—0.922	本文

值得注意的是,底泥中总是或多或少有生物存在,因此,在底泥耗氧中占有一定的地位,如何划分底泥中的生物耗氧和非生物耗氧是个相当复杂的问题。这两部分所占的比例也尚未有一致的结论。例如, Belanger 在对美国的 Apopka 湖的底泥耗氧研究中发现底泥的耗氧同底栖寡毛类的密度并无统计学上的显著相关关系,生物耗氧占总底泥耗氧的 60%—90%^[5]。Edwards 和 Rolley 也发现底泥耗氧同摇蚊幼虫的数量也没有明显对应关系^[11]。但是,当大量存在摇蚊幼虫(4000 条/ m^2)时,其机械搅拌作用是不可忽视的。例如,在底泥中当寡毛类达 37000 个/ m^2 时,耗氧速率将比原来增加 3—4 倍^[17]。这是因为底栖动物的搅拌作用,引起腐败物质向水中的释放,再加上其本身的呼吸所致。珠江广州员村河段有一定数量的底栖动物,故在底泥耗氧中占了 22.1% 是不难理解的。从本文中尚可看到,在底泥耗氧过程中,前 6h 为化学耗氧,占了很大一部分。尤其在平水期可以认为全部为化学耗氧。丰水期在 25°C , 流量为 $13\text{ml}/\text{s}$ 的条件下,其化学耗氧占总底泥耗氧 78%。由此可见,当员村段底泥暴露于高氧环境的初期,其化学耗氧量要高于生物耗氧量,这是因为员村段有机质含量丰富,底层水的溶解氧大部分时间低于 $2\text{mg}/\text{L}$,使还原物质累积其中,从底泥的颜色及气味也能证明这一点。因此,研究底泥的生物耗(下转第 41 页)

由于本法的流程是由处理柱及混凝沉淀组成,而关键部分是处理柱,有必要单独检验处理柱的处理效果。

(1)含油量脱除检验 这项测试由广东省环境监测中心站进行,柱进水含油量 34.08 ppm,经柱后的污水含油量降至 0.009 ppm,脱除率 99.97%。

(2)混凝旁证试验 取含油量 50ppm, COD 为 450ppm 的污水,调节 pH 到 8,加入 PACS5ppm,(相当于本流程中混凝沉淀部分的投药量)搅拌混凝,水质仍显混浊,需增加 PACS 投入量至 15ppm,水质才显澄清,过滤后测定含油量为 5.4ppm, COD 为 270ppm,含油脱除率 90%(与前报^[1]相符),COD 去除率 40%。此试验充分说明处理柱的作用,比较出本法较为优越。

2.2.5 出水含 Fe^{2+} 量的检验

出水 Fe^{2+} 的含量直接影响 COD 值,此外若经处理柱后,水中含 Fe^{2+} 过多,会增加后处理负荷,因此,对出柱后的水和排放水分别测定 Fe^{2+} 含量。

对出柱后水的含 Fe^{2+} 量测定 28 次,含量最低为 3.6ppm,最高 29ppm,平均为 14.5ppm,此值不算高,对后处理除 Fe^{2+} 负担不大。

排放水含 Fe^{2+} 量测定 10 次,最低值 0.053

ppm,最高值 1.09ppm,平均值 0.458ppm,如此小的含 Fe^{2+} 量对 COD 值影响甚微。同时也说明本法用 PACS 除 Fe^{2+} 是成功的。

3 结论

(1)使用本文所述的铁-碳絮凝床能有效地去除厨房污水的油分,脱除率达 96%,对 COD 及 BOD 去除效果显著,去除率分别达 72.5% 及 90%。

(2)铁-碳絮凝床所用的填充物料价廉易得,所用碱和混凝剂量不大,处理每吨污水仅用药剂费 0.1 元。加上运行管理方便,基建设备投资不大,因而本法容易为宾馆洒家接受。

参考文献

- 1 何伟光,余大安. 环境科学. 1988,9(1):38
- 2 Feofanov V A et al. . US Pat. 4 525254
- 3 Przhgorlinskoo V L et al. . U. S. S. R. Pat. SU 954756
- 4 韩洪军,杜冰. 环境工程. 1987,6(1):1
- 5 杨风林,金燮,高桂英,祖玉筠. 化工环保. 1988,8(6):330
- 6 吴金义. 环境污染与防治. 1989,11(1):32
- 7 吴树珍. 环境工程. 1989,7(2):19
- 8 林森树,何伟光,李卓美. 中山大学学报. 1990,29(4):56
- 9 环境监测分析方法编写组. 环境监测分析方法. 北京:中国环境科学出版社,1983:150
- 10 武汉大学编. 分析化学实验. 北京:人民教育出版社,1978:106
- 11 詹朝坤等. 环境科学. 1986,7(6):43
- 12 Belanger T V. Wat. Res. . 1981,15:267
- 13 Bowman G T et al. . Wat. Res. . 1980,14:491
- 14 Brewer W S et al. . Wat. Res. . 1977,11:471
- 15 Campbell P J et al. . Can. J. Fish. Sci. . 1986,43:1340
- 16 Chapman P M. Env. Toxic. Chem. . 1986,5:957
- 17 Charlton M N. Can. J. Fish. Aquat. Sci. . 1980,37:1531
- 18 Edwards R W et al. . J. Ecol. . 1965,53:1
- 19 Hanes N B et al. . J. Wat. Pollut. Contr. Fed. . 1968,40:223
- 20 Hargrave B T. Verh. Int. Ver. Limnol. . 1972,18:134
- 21 Lasenby D C. Limno. Oceanogr. . 1975,20:993
- 22 Rolley H L H et al. . Wat. Res. . 1967,1:759
- 23 Solomons W et al. . Hydrobiologia. 1963,149:13
- 24 Tsvetkova L I. Aquatic Oligochaete Worms. Translated from Russia by American Publishing Co. Pub. 1972:132—139
- 25 Uchirin C G. Wat. Res. . 1985,19:1141
- 26 Wang W C. Wat. Res. . 1981,15:475
- 1 方宇翹等. 环境化学. 1989,8(2):26
- 2 国家环保局. 水与废水监测分析方法. 北京:中国环境科学出版社,1989(第三版):246—248
- 3 南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法. 北京:科学出版社,1987:462—464

参考文献

(上接第 35 页)氧及化学耗氧要根据不同的时间,不同的空间来考虑。

温度与流量的大小无疑是影响底泥耗氧的重要因素,而这两者有明显的季节性变化。本文虽然在不同条件下就平水期和丰水期的底泥耗氧作了一系列实验,直观上可以认为丰水期的底泥耗氧略高于平水期,但无统计上的明显差异,这可能水期的划分不足以显示这种差别,或者其他原因所造成的,无法论断。

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

absorption spectrometry, plasma mass spectrometry, X-ray fluorescence, neutron activation, etc. For each of most elements, two or more different, reliable analytic methods were adopted. A computer was used to process the data obtained by statistical method. Any group- outliers were rejected by using Grubbs, T, Dixon, Multi-level comparative S method, average geometric variation- Grubbs test. The best estimated values were obtained by taking the averages of preferred averages of all the data and analytic data as the four central values. The best estimated values thus calculated and complied with the certified values rule are taken as standard values. An evaluation of stability of the samples was made by X- ray fluorescence spectrometry during one year period. The results indicated that the storage stability of this standard reference material was satisfactory.

Key words: environmental soils standard reference material, stability, minimal amount of sampling, comparison of precision, certified values analysis, four central values.

The Optimisation of Grey non- linear River water Pollution Control System Using A Two Level Method. Zhang Xiangwei (Water Quality Research Center of China Beijing 100044); *Chin. J. Environ. Sci.*, 15(1), 1994, pp. 25—30

This paper focuses on the water quality planning problem of grey non- linear river water pollution control system using ideas of the grey system theory. Grey non- linear model and a two level method have been developed, which not only can describe the imperfection of water quality planning information but also can provide a new approach of dealing with the higher order, higher dimension and non- linear water quality planning model. The major studies involved are of three aspects; (1) Grey convex set, grey convex function and grey convex programme are defined; (2) Kuhn- Tucker condition for grey non- linear planning model has been given and (3) the optimisation of grey non- linear river water pollution control planning model using a two level method.

Key words: grey system theory, water pollution control system, two level method.

Sediment Oxygen Demand in the Yuancun Reach of the Pearl River in Guangzhou. Liu Fuqiang, Qi Sang (Institute of Aquatic Ecoscience, Jinan University, Guangzhou 510632); *Chin. J. Environ. Sci.*, 15(1), 1994, pp. 31—35

The physical properties, characteristics of oxygen demand, proportions of chemical oxidation and biological respiration in the total oxygen demand of

sediments from the Yuancun Reach of the Pearl River in Guangzhou, were studied in laboratory during mean water and high water seasons. Results indicate that the sediment only consumed oxygen initially over the first six hours in mean water season, while in high water season, the sediment continuously consumed oxygen at a comparatively low rate. It is doubt less that chemical oxygen demand plays a main role in total oxygen demand in both hydrological seasons. At the same temperature and water flow rate, the rate of sediment oxygen uptake in high water season is significantly higher than that in mean water season. In addition, the rates of sediment oxygen demand are related to the temperature and flow rate and their equations are: $SOD_M = 0.4945 \times 1.0058^{T-20}$, $SOD_H = 0.6155 \times 1.0234^{T-20}$, $SOD_M = 0.1623 \times 1.0912$, $SOD_H = 0.2393 \times 1.0857$.

Key words: Pearl River, sediment, biological oxygen demand, non-biological oxygen demand.

Study on the Treatment of Chrome-Leather Scraps as a Resource; VIII Toxicological Test of Feed Collagen Protein. Jiang Tingda, Zhang Chunping (Research Center for Eco- Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085); *Chin. J. Environ. Sci.*, 15(1), 1994, pp. 36—38

The feed collage protein powder has a $LD_{50} > 10g/kg$, and can be assessed to be in an actually nontoxic grade. It has an accumulative coefficient $K > 5.28$, which is considered to be weakly accumulative. The Ames test result of mutagenesis is negative, either with or without adding S- 9 mixed liquid. The micronucleus test and spermatozoon malformation test also showed a negative reaction when dosage exceeded 5g/kg.

Key words: feed collage protein, toxicology.

Kitchen Wastewater Treatment by Iron- Carbon Flocculating Bed . He Weiguang, Guan Yaochu et al. (Chemistry Department of Zhongshan University); *Chin. J. Environ. Sci.*, 15(1), 1994, pp. 39—41

Kitchen wastewater can be treated by iron — carbon flocculating bed equipment. It was found that this method can be used to remove the animal and vegetable oils, COD, and BOD from kitchen wastewater with high removal rates, for example, of 96%, 72.5% and 90%, respectively.

Key words: iron- carbon flocculating bed, kitchen wastewater.

The Adsorption- Flocculation Method Using Bentonite for Treatment of Organic Dye-Containing Wastewater. Hang Hu, Hu Bolu et al. (Dept. of