

PACT 活性污泥中生物质量与 粉末活性炭质量的计算和测定

臧炳祺 张林弟 肖志成

(上海石油化工总厂环境保护研究所)

摘要 本文根据活性污泥处理系统的物料平衡关系,提出 PACT 活性污泥中生物质量和粉末活性炭(PAC)质量的计算和测定方法。计算结果表明,曝气池混合液中 PAC 浓度随着 PAC 投加量和泥龄与水力停留时间的比值的提高而增加。通过实际测定活性污泥和 PAC 在不同温度时的挥发量,得出三个联立方程式的基本系数,从而测得实际的 PAC 活性污泥试样中生物质量和 PAC 质量。

关键词 PACT 工艺;活性污泥;生物质量;粉末活性炭。

PACT 工艺(Powdered Activated Carbon Treatment Process),是在传统活性污泥法的曝气池内直接投加粉末活性炭(PAC),以提高工业废水的处理效率和改善特定污染物去除效果的废水处理新技术。由本所开发的低剂量 PACT(简称 LD-PACT)工艺在 PACT 工艺的基础上,较大幅度地减少了粉末活性炭的投加量,省去了粉末活性炭的再生装置,降低了废水处理的成本。在石油化工混合废水、焦化废水、锦纶废水和部分农药、印染废水的处理研究中,均取得比常规活性污泥法好的处理效果。

在 LD-PACT 工艺中,由于 PAC 的投加量仅为 10—50mg/L(以进水水量计),曝气池混合液中 PAC 的实际积累量及生物质量的计算和测定,对于处理装置的功能评价及处理系统的运行和控制具有重要的意义。

本文根据活性污泥处理系统的物料平衡关系,提出 PACT 活性污泥中生物质量和 PAC 质量的计算和测定方法。

一、计算方法

1. 理论计算关系式的推导

曝气池混合液中 PAC 质量的计算方

法,可由活性污泥处理系统的物料平衡关系确定(图 1)。

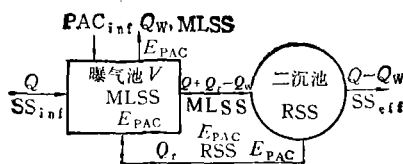


图 1 PACT 工艺系统 PAC 和污泥的平衡

V 为曝气池的有效容积 (m^3); Q 为进水流量 (m^3/d); Q_r 为回流污泥量 (m^3/d); Q_w 为排放污泥量 (m^3/d) 为控制方便,采用由曝气池直接排放混合液的泥龄控制法; SS_{in} 为入流废水的悬浮固体浓度 (mg/L); SS_{eff} 为出流的悬浮固体浓度 (mg/L); $MLSS$ 为曝气池混合液悬浮固体浓度 (mg/L); RSS 为回流污泥浓度,即二次沉淀池的底流污泥浓度 (mg/L); E_{PAC} 为 PAC 在混合液悬浮固体 ($MLSS$) 和回流污泥 (RSS) 中所占的比例(%).

正常运转的 LD-PACT 工艺的活性污泥中,在多个黑色 PAC 微粒周围,形成由大量细菌叠堆组成的菌胶团,二者结合良好,共同形成 PAC-活性污泥,污泥密实,菌胶团较大,一般不存在单独分离的 PAC,游离细菌也只有在菌胶团的边缘才能见到。因而,若曝气池内的曝气设施设计合理,可假设 PAC 活性污泥是混合均匀的,则 PAC 在 $MLSS$

和 RSS 中所占的比例为某一特定常数, 即

$$E_{PAC} = PAC/MLSS \times 100\%$$

为简化推导过程, 假设入流和出流的悬浮固体浓度为零, 即 $SS_{inf} = 0$ 和 $SS_{eff} = 0$ 。根据定义可得出:

$$\text{水力停留时间 (d): } t = V/Q$$

$$\text{污泥回流比: } P = Q_r/Q$$

$$\begin{aligned} \text{泥龄 (d): } t_s &= MLSS \cdot V / MLSS \cdot Q_w \\ &= V/Q_w \end{aligned}$$

按图 1 所示, 由整个系统的 PAC 进行物料平衡, 推导曝气池混合液中 PAC 浓度的关系式:

$$[\text{入流 PAC}] = [\text{出流 PAC}]$$

$$\text{故 } Q \cdot PAC_{inf} = Q_w \cdot MLSS \cdot E_{PAC}$$

等式两边同时除以 V 得: $Q/V \cdot PAC_{inf} = Q_w/V \cdot MLSS \cdot E_{PAC}$ 。因为 $t = V/Q$, $t_s = V/Q_w$, 则

$$MLSS \cdot E_{PAC} = t_s/t \cdot PAC_{inf} \quad (1)$$

或

$$E_{PAC} = t_s/t \cdot PAC_{inf}/MLSS \quad (2)$$

根据式(1)或式(2)可以求得 PACT 活性污泥中 PAC 所占的比例。

2. 讨论

从定义出发, 曝气池中 PAC 活性污泥混合液中的 PAC 浓度, 实际上就是 MLSS 和 E_{PAC} 的乘积。从式(1)可以看出, 曝气池混合液中 PAC 浓度, 与 PAC_{inf} 和 t_s/t 的比值成正比, 即 PAC 浓度随着 PAC 投加量的增加而增加, 并随着泥龄 t_s 与水力停留时间 t 的比值提高而提高, 与回流比 P 等因素无关。

还应当指出的是, 由于 PAC_{inf} 在 LD-PACT 工艺中仅为 10—50mg/L, 而 MLSS 和 RSS 一般均达到数千 mg/L, 故从整个污泥平衡的角度看, PAC_{inf} 可忽略不计, 原常规活性污泥法的关系依然成立, 即

$$MLSS = [P/(1+P)] \cdot RSS$$

或

$$MLSS = [P/(1+P)] \cdot r \cdot 10^3/SVI$$

因而, 从式(2)可以看出, E_{PAC} 与 MLSS 成反比关系。也就是说, E_{PAC} 随着 PAC_{inf} 和 t_s/t 的提高而提高, 并随着造成 MLSS 变化的诸因素(如 SVI, r 值等)的变化而变化。

二、实际测定方法

1. 基本方程式

为了确定 PACT 混合液悬浮固体中的生物质量和 PAC 的浓度, 使用以下三个基本的方程式:

$$X + Y = W \quad (3)$$

$$a_1X + b_1Y = W_1 \quad (4)$$

$$a_2X + b_2Y = W_2 \quad (5)$$

式中, X 为 MLSS 中的生物量(mg/L); Y 为 MLSS 中的 PAC (mg/L); a_1 为在 T_1 温度时, 生物量的挥发系数; b_1 为在 T_1 温度时, PAC 的挥发系数; a_2 为在 T_2 温度时, 生物量的挥发系数; b_2 为在 T_2 温度时, PAC 的挥发系数; W 为 MLSS(mg/L); W_1 为在 T_1 温度时, MLSS 的挥发量 (mg/L), W_2 为在 T_2 温度时, MLSS 的挥发量 (mg/L)。

在上述三个基本方程式中, 求解 X 和 Y , 只需使用式(1)和(2), (2)和(3)或(1)和(2)+(3), 即

$$X = \frac{(W_1 + W_2) - (b_1 + b_2) \cdot W}{(a_1 + a_2) - (b_1 + b_2)} \quad (6)$$

$$Y = \frac{(a_1 + a_2)W - (W_1 + W_2)}{(a_1 + a_2) - (b_1 + b_2)} \quad (7)$$

由式(4)或式(5)可以看出, 只要 a_1, a_2, b_1 和 b_2 的值确定, 即可求得混合液中生物质量和 PAC 的浓度。

2. 系数的确定

为确定 a_1, a_2, b_1 和 b_2 的值, 分别采用不同的加热温度和加热时间是可能采用的方法^[1,2]。在 400℃ 时, 组成生物量的大部分有机组分都可碳化、挥发, 而 PAC 的失重则较小, 因而, 将 400℃ 作为确定 a_1 和 b_1 的温度是合适的。而对于活性碳(粉末活性炭或

柱状活性炭),则需在 600℃ 的温度下灼烧一小时,才能使其挥发,所以将 600℃ 作为确定 a_2 和 b_2 的温度。

设 X_1 、 X_2 、 Y_1 和 Y_2 分别代表生物量 X 和 PAC Y 在 400℃ 和 600℃ 时的挥发量,则 $a_1 = X_1/X$, $a_2 = X_2/X$, $b_1 = Y_1/Y$ 和 $b_2 = Y_2/Y$ 。通过测定生物量和粉末活性炭在上述温度时的挥发量,即可得到 a_1 、 a_2 、 b_1 和 b_2 等系数值。

3. W 、 W_1 和 W_2 的测定

W 值即混合液悬浮固体的浓度,可在 105℃ 的温度条件下,将一定体积的混合液烘干称重而得到^[3]。对于 W_1 和 W_2 ,则分别将上述烘干的样品置于 400℃ 和 600℃ 的温度条件下加热 0.5h 和 1h,分别测定其失重值,即为 W_1 和 W_2 。

三、测定实例

1. 系数的测定

对于 a_1 、 a_2 、 b_1 和 b_2 等系数,本试验使用以下方法求得。

(1) a_1 和 a_2 的测定 取 10 只经反复烘干、灼烧至恒重的具盖坩埚,用经灼烧而恒重的玻璃纤维滤膜,仔细过滤经准确计量的同体积混合液样品,将过滤后的滤膜置于坩埚

中,于 105℃ 的恒温干燥箱中烘干后称重,即得到 X 值。将此坩埚置于 400℃ 的高温炉中恒温 0.5h 后,冷却称重的重量与 X 的差值,即为 X_1 。再将坩埚置于 600℃ 的高温炉中恒温 1h,冷却称重的重量与 X 的差值,即为 X_2 。根据 a_1 和 a_2 的计算式,可求得 a_1 和 a_2 的值。本试验采用的是上海石油化工总厂水质净化厂曝气池的活性污泥,其系数 $a_1 = 0.5773$, $a_2 = 0.7782$ 。

(2) b_1 和 b_2 的测定

取 10 只经反复烘干灼烧而恒重的具盖坩埚,分别加入一定量的粉末活性炭,经测定 a_1 和 a_2 的同样步骤后,求得 Y 、 Y_1 和 Y_2 。根据 b_1 和 b_2 的计算式,可求得 b_1 和 b_2 。本试验采用的是我们在 LD-PACT 工艺研究中使用频率最高的 1# 粉末活性炭,其系数 $b_1 = 0.1051$, $b_2 = 0.8631$ 。

2. 测定实例

取上述试验中使用的活性污泥和 PAC,按一定比例相混合,将此混合液用玻璃纤维滤膜过滤后,按测定活性污泥或 PAC 系数的方法,测定 W 、 W_1 和 W_2 。根据实测数据用式(4)和式(5)计算 X 和 Y ,与投入的活性污泥和 PAC 量相比较,偏差均小于 15%。实测和计算的数据列于表 1 中。

表 1 实测和计算数据表

项目 试验号	实测 X (mg/L)	实测 Y (mg/L)	W (mg/L)	W_1 (mg/L)	W_2 (mg/L)	计算 X (mg/L)	偏差(%)	计算 Y (mg/L)	偏差(%)
1	2161	998	3159	1348	2526	2105	-2.59	1054	+5.61
2	2161	1005	3166	1325	2521	2016	-6.71	1150	+14.43
3	1966	1502	3468	1275	2814	1888	-3.97	1580	+5.19
4	1966	1958	3924	1326	3233	1962	-0.20	1862	-4.90
5	1966	1970	3936	1360	3240	2038	+3.66	1898	-3.65
6	1966	1511	3477	1277	2801	1837	-6.56	1640	+8.54

四、结 论

实测和计算的结果表明, PACT 活性污泥中生物质量和 PAC 质量可以通过理论计

算和实测的方法求得,结果可信。而对于不同处理目的所采用的不同活性污泥和粉末活性炭,其系数有所不同,使用者只需完成上述

(下转第 76 页)

表 9 可生化性评价

类 别	m	N	R	可生化性	备 注
I	>0.45	<0.20	>0.4	好	COD 去除率 80%以上
II	$0.35-0.45$	<0.50	$0.30-0.4$	尚好	COD 去除率 70%左右
III	<0.25	>0.50	<0.25	差(不宜生化)	COD 去除率 60—65%以下
I	0.62	0.13	0.50	好	未脱酚蒸氨废水
II	0.34	0.22	0.31	尚可	脱酚蒸氨废水

Grau^[3] 等认为,基质的降解速率

$$G = \frac{Q(S_0 - S_e)}{VX}$$

与浓度成一次方关系,且与进水浓度有关。将未经脱酚蒸氨废水进出生化反应器的¹COD 值绘制于图 4 中,得到降解速率常数 $K = 12.27$,则图 4 的曲线可用下式表达:

$$G = 11.18 \frac{S_e}{S_0} - 1.386 \quad (6)$$

当 G 为零时 $S_e/S_0 = 0.114$,这实际上就是不可生物降解的 COD_N/COD 之比 (m),在表 9 中该值为 0.13,两值相差不大。

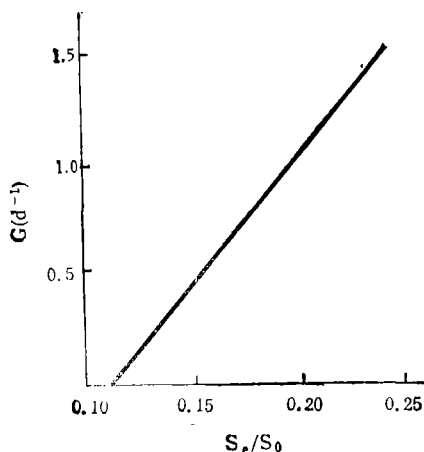


图 4 降解速率与浓度的关系曲线

三、结 论

1. 煤气化废水的成分比较恒定,不同工艺与煤质对其影响不大,但废水浓度与工艺过程与煤质有关。

2. 煤气化废水水质复杂,已检出的有机物就达 170 多种。酚类折算的 COD 占 COD 总值的 60% 以上,其中大部分是挥发酚。

3. 脱酚蒸氨不仅可回收酚和氨,同时可去除 80% 以上的 COD,其中绝大部分是比较容易生化的酚类化合物。脱酚蒸氨后,废水的可生化性虽大大降低,但略加稀释仍可进行生化处理。而未经脱酚蒸氨的废水其 $m = 0.62$, $N = 0.13$,说明其生化性能很好。因此,从生化性角度而论,酚不一定非脱除不可。

参 考 文 献

- [1] Luthy, R. G. Tallon J. T. 著,金承基等译,环境科学情报,12,23(1984).
- [2] Singer P. C. 等,纪础译,环境科学情报 12,12 (1984).
- [3] 肖志成等,环境科学,4(5),75(1983).
- [4] 孙玉修,化工环保,3(1),31(1983).
- [5] 张自杰等,活性污泥生物学与反应动力学,第 292—297、457—460 页,中国环境科学出版社,北京,1989 年。

(收稿日期:1991 年 1 月 17 日)

(上接第 54 页)

基本试验,则可求得所需参数。在废水处理的工艺操作中,可以更好地控制工艺参数,以得到理想的处理效果。

参 考 文 献

- [1] Arbuckle, W. B. et al., J. WPCF., 54 (12),

1554(1982).

- [2] Lee, J.S. et al., J. WPCF., 51 (1), 111(1979).
- [3] 美国公共卫生协会等著,宋仁元等译,水和废水标准检验法(第 15 版),第 84 页,中国建筑工业出版社,北京,1985 年。

(收稿日期 1991 年 3 月 18 日)

and PAC in PACT Sludge. Zang Bingqi, Zhang Lindi, Xiao Zhicheng (Environmental Protection Research Institute, Shanghai Petrochemical Complex): *Chin. J. Environ. Sci.*, **12**(6), 1991, pp. 52—54

Based on mass balance relationship of activated sludge process this paper presents a method for the calculation and determination of biomass and powdered activated carbon (PAC) in PACT sludge. The results of the calculation show that the concentration of PAC in mixed liquor of aeration tank increased with the raise of the dosage of PAC and the ratio of sludge age to hydraulic retention time. From the weight loss of sludge and PAC at different temperatures, the basic coefficients of three simultaneous equation were obtained. These equations were used to predict the concentration of biomass and PAC in actual PACT sludge samples.

Key Words: PACT; activated sludge; biomass; PAC mass.

Comprehensive Utilization of Manganese Sulphate Containing Waste water from Hydroquinone Production. Gu Xianghe (Sheyang Chemical Plant of Jiangsu): *Chin. J. Environ. Sci.*, **12**(6), 1991, pp. 55—57

Waste water containing manganese sulphate was firstly neutralized to remove Fe and then sulphurated to remove Co and Ni from the water so as to obtain electrolysis liquid up to standard. After addition of Se, the liquid underwent electrolysis for 24 hrs and inactivation to get metallic manganese. Manganese Carbonate was prepared from anode waste water resulting from the electrolysis of manganese sulphate and then ammonium sulphate was recovered from the waste water of manganese carbonate. The purity of the manganese produced herefrom can reach 99.8%. The process proved to be simple and feasible and possess tangible economical and environmental benefit.

Key Words: manganese sulphate; manganese carbonate; electrolysis.

Plutonium-239, 240, Americium-241 and Cesium-137 in Soils from Some Areas in China. Sha Lianmao (China Institute for Radiation Protection, Taiyuan, China) M. Yamamoto, K. Komura, K. Ueno (Low Level Radioactivity Laboratory Kanazawa University, Japan): *Chin. J. Environ. Sci.*, **12**(6), 1991, pp. 58—63

The surface soil samples with a set of 0—5cm and 5—20 cm depth were collected from Beijing,

Taiyuan, Shijiazhuang, and Jinan of China in early 1990. The samples were analyzed for $^{239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am and ^{137}Cs , including naturally occurring radionuclides, to estimate their present levels and distributions. From these results, the average accumulated depositions were estimated roughly to be $24 \pm 13 \text{ MBq/km}^2$ for $^{239,240}\text{Pu}$, $10 \pm 5 \text{ MBq/km}^2$ for ^{241}Am and $1.2 \pm 0.7 \text{ GBq/km}^2$ for ^{137}Cs , respectively. The activity ratios of $^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ and $^{241}\text{Am}/^{239,240}\text{Pu}$ ranged from 0.016 to 0.026 (with a mean value of 0.020 ± 0.004) and 0.35 to 0.49 (with a mean value of 0.43 ± 0.05), respectively. The relation between the inventories of these nuclides and excess ^{210}Pb in soils was also discussed.

Key Words: plutonium; americium; cesium; radionuclide.

Studies on Flow Injection Chemiluminescence Analysis of Trace Nitrite—I₂-EDTA-NO₂⁻ Photochemical Reaction System. Liu Renmin and Liu Daojie (Department of Chemistry, Liaocheng Teacher's College, Shandong): *Chin. J. Environ. Sci.*, **12**(6), 1991, pp. 64—66

A flow injection chemiluminescent method for the determination of trace nitrite was developed based on its inhibitory effect on the photochemical reaction between I_2 and EDTA and the chemiluminescent reaction between I_2 and luminol. Optimum analytical conditions were established. The linear range for nitrite determination is 1.0×10^{-7} — $4.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ and the detection to limit is $1.1 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$. The method was applied to the determination of nitrite in natural water and recoveries of the method were determined to be 93—103.5%.

Key Words: nitrite; flow injection analysis; chemiluminescence analysis; photochemical reaction.

Analysis of Trace Radioactive Thorium in Environmental Samples with N263 Solvent Extraction Technique. Wu Jinhai, Chou Tienpao, Li Jinqian (Institute of Radiation Medicine, Shanghai): *Chin. J. Environ. Sci.*, **12**(6), 1991, pp. 67—68

This paper describes a method for the analysis of trace thorium by using N263 solvent extraction technique to separate the element from other elements like uranium, radium and rare earth in the environmental samples. Such influencing factors as extraction, reverse extraction, interfering ion, etc. were examined. The method was used for