

理系统,继续用渗滤装置(Lysimeter)重点研究NO₃-N的变化趋势,以防止对地下水的污染。

根据我国的具体条件,通过包括氧化塘、污水养殖、污水灌溉等各种形式,多级层次的土地处理方法,污水在工厂加以适当处理,密切配合,这在经济上是可行的。在技术上,当着手建立土地处理工程时,要认真查明曝气带的岩性、潜水位、地下水的流向与补给、灌溉渠道的工程地质条件,掌握区域性的环境容量水平,各种条件具备才可建立封闭或半封闭的多级人工生态系统,利用土壤-植物系统的净化功能,在完成污水处理的过程中,把其中的氮素做为一种资源,最大限度地加以利用,既可防止污染,又获得经济效益。在防止污水对地下水氮污染方面,通过研究,积累经验,一定能够选出工厂处理和土地处理相结合的最佳方案,也一定可以开辟出一条投资少、收效大具有我国特色的道路。

主要参考文献

[1] 陈梦熊,自然资源,2,42(1982)。

[2] 马梅生等,城市建设,5,28(1982).
 [3] 董发开,水文地质工程地质,2,1(1983).
 [4] 郭金如等,土壤通报,2,25(1983).
 [5] 联合国粮食及农业组织,发展中国家植物营养与土壤限制因素(1983).
 [6] Andreoli, A. 等,环境污染治理译文集,4,27(1982).
 [7] Skrinde, James R. et al., JWPFCF, 54(4), 370(1982).
 [8] 樊庆笙,土壤肥料,2,1(1983).
 [9] 杜万葵,世界农业,1,31(1983).
 [10] Gray, E.M. et al., Ground Water, 18(2), 159(1980).
 [11] Vitousek, P.M. et al., Forest Sci., 25(4), 605(1979).
 [12] EPA, Process Design Manual for Land Treatment of Municipal Wastewater, 1981. 10.
 [13] George, D.B. et al., Lubbock Land Treatment System Research and Demonstration Program, L. C. C. Institute of Water Research, p. 89, 1983. 6.

生物活性炭法初步探讨

刘学洪 黄君礼 寇广中 石广梅 王大志

(哈尔滨建筑工程学院)

近年来,国内外对有机污染饮用水的问题颇为重视,而用传统的水处理工艺难以有效地去除水中可溶性有机物。西欧国家在七十年代后期研究采用臭氧氧化-活性炭吸附净化饮用水新工艺,并逐渐形成所谓“生物活性炭法”。

“生物活性炭法”能延长活性炭的使用寿命,为价格昂贵的粒状活性炭用于水处理技术开辟了广阔的前景。该法来自臭氧氧化-粒状活性炭过滤工艺。那么,臭氧氧化预处理是否生物活性炭法的必要条件,能否省略投加臭氧这一程序,这是一个值得探讨又有经济价值的问题。为了寻求受污染的松花江水源经济可行的净水方案,我们在试验室进行了半年多生物活性炭法的试验研究,采用了经臭氧预处理的活性炭吸附和未经臭氧预处理的活性炭吸附对比试验。试验结果表明,臭氧氧化并不是“生物活性炭

法”的必要条件。

一、试验的工艺流程和参数

通过试验装置进行了如下四种流程的对比试验。

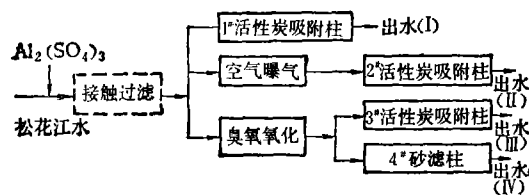


图 1 四种流程示意图

工艺参数

炭柱部分		接触塔部分	
柱直径	3 厘米	塔径	9 厘米
填充层高度	90 厘米	塔高	2 米
滤速	8 米/时(左右)	气水体积比	1:3~4
接触时间	6—7 分钟	气水接触时间	3 分钟左右
柱体积:总过水量=1:3 万		臭氧投加量	2—3 毫克/升

二、观察与数据分析

1. 滤柱填料上的微生物

各柱运行数周后,填料上布满生物膜。为了考察生物生长状况,于5—8月收集了每次反冲洗排出水的沉淀物,进行镜检,并测定其总固体。这些沉淀物基本上是冲刷下来的生物膜,自身凝聚,沉淀性能良好。镜检表明:

第一、不论经过臭氧预处理与否,滤柱中的活性炭或石英砂上面都布满生物膜。生物膜中除菌胶团之外,还存在废水生物处理中的微型动物,如鞭毛虫、楯纤虫、漫游虫、裂口虫、钟虫、等枝虫、轮虫、线虫等等。

第二、各滤柱内微生物的生长规律与废水生物处理中的生长规律相类似。滤柱因故间断运行两周后,恢复通水初期冲洗下来的生物膜中除大量菌胶团之外,只有少量的小鞭毛虫,以后逐渐增多,四、五周后,小型原生动物随着裂口虫、线虫、轮虫的逐渐增加而减少,直至轮虫占据优势,原生动物种类甚少,继之轮虫又随之相应减少,此后,小型原生动物种类又一次逐渐增多,……。

第三、微生物具有定向变异特性,能够逐步适应含有余氯或臭氧的环境。3#炭柱进水中含有臭氧0—0.5毫克/升,前两周其炭层上的生物膜和原生动物的数量低于2#炭柱。1#炭柱进水含余氯0—0.2毫克/升,其炭层中原生动物的出现要比2#炭柱滞后两周,生物膜及原生动物的数量最少,直至一个半月后,其生长状况才逐渐赶上其它炭柱。这表明虽然活性炭具有脱氯作用,臭氧具有自分解作用,但是水中的臭氧或余氯最初对炭层上微生物的生长有抑制作用。运行一段时间之后,微生物逐渐被驯化,待其适应环境后,仍能正常地生长繁殖。

第四、反冲洗周期对微生物的生长有重要影响。试验中每周反冲洗两次,出水水质良好,生物膜生长正常。若逐日反冲洗,微生物生长率则迅速下降。例如在某次反冲洗后,进行逐日反冲洗,冲洗出的生物膜数量依次为0.326, 0.172, 0.09≈0克(图

1)。生物生成量直线下降,直至近于零。由此可见,频繁的反冲洗则生物膜难以形成。一周反冲洗一次时,曾出现丝状菌繁殖,生物膜随上升水流流失或炭层堵塞等现象。因此,反冲洗周期应视出水水质及滤床水头损失而定。

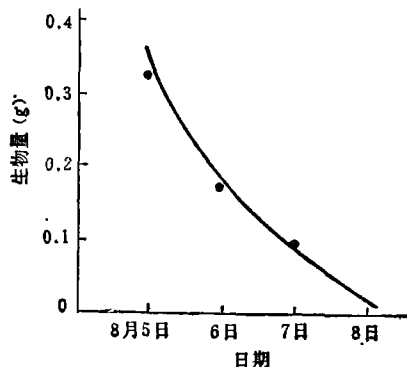


图2 反冲洗周期与微生物生长的关系

综上所述,在饮用水处理的二级快速过滤中,滤床不需要频繁反冲洗的条件下,不仅以活性炭,即使以惰性介质为滤料,微生物都能在滤床上逐渐生长繁殖,形成生物膜,臭氧氧化并不是生物膜形成的必要条件。

2. 有机物去除效率

天然水中的有机物种类繁多,含量甚微,无法一一测定,试验中用高锰酸钾耗氧量(COD_{Mn})和化学需氧量(COD_{Cr},重铬酸钾法测定)作为综合指标进行考察。

表1列出了各滤柱逐月进水、出水中COD平均值及其相应的去除率。将表2中COD_{Mn}有关数值点绘于图3中,可以观察到各柱COD_{Mn}去除率基本上与进水浓度成正比。1#柱去除率略微偏离。图中偏离直线较大的三个点是六月份三个柱的平均值。分析其原因在于停运两周后,死亡的微生物附着于活性炭的微孔壁上,既占据了活性炭部分表面积,又堵塞了部分微孔,从而影响了活性炭和生物膜的吸附效率。特别是1#炭柱,进水中含余氯,微生物活

表 1 各试验柱有机物去除率

月份	项 目	1# 炭柱			2# 炭柱			3# 炭柱				4# 砂柱			
		进水 (mg/L)	出水 (mg/L)	去除率 (%)	进水 (mg/L)	出水 (mg/L)	去除率 (%)	进水 (mg/L)	出水 (mg/L)	去除率%		进水 (mg/L)	出水 (mg/L)	去除率%	
										炭柱	O ₃ +C柱			砂柱	O ₃ +砂柱
1—3	COD _{Mn}	5.3	2.9	45.3	5.3	2.6	47.2	4.2	2.5	40.5	52.8				
	COD _{Cr}	13.1	7.9	39.7	13.1	6.4	51.1	11.2	6.0	46.4	54.2				
4	COD _{Mn}	2.8	2.0	28.6	2.8	2.0	28.6	2.2	1.6	27.3	42.9				
	COD _{Cr}	12.3	5.3	56.9	12.3	4.6	62.6	11.9	4.6	61.3	62.6				
6	COD _{Mn}	3.5	2.9	17.1	3.4	2.6	22.2	3.1	2.5	19.4	28.5	3.1	2.7	14.8	22.8
	COD _{Cr}	19.4	4.9	51.5	16.7	7.1	57.5	13.7	6.5	52.6	66.5	13.7	7.5	45.3	61.3
7	COD _{Mn}	2.3	1.8	21.7	2.3	1.7	26.1	2.3	1.6	30.4	30.4	2.3	1.7	26.1	26.1
	COD _{Cr}	15.2	5.6	63.2	13.7	4.7	65.7	11.9	3.0	74.8	80.4	11.9	4.7	58.0	69.1
8	COD _{Mn}	2.5	1.9	24.0	2.6	1.8	30.8	2.6	1.9	26.9	24.0	2.6	2.0	23.1	20.0

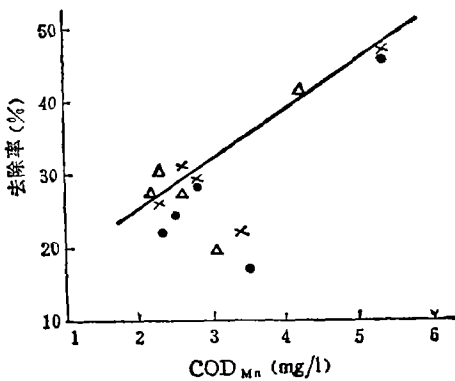


图 3 COD_{Mn} 去除率与进水浓度关系曲线
× 1# 柱 Δ 2# 柱 ● 3# 柱

性恢复较为缓慢,所以 COD_{Mn} 去除率偏离最大。随着运行时间的延续,微生物活性逐渐恢复,疏通了活性炭内部微孔,吸附能力逐渐获得恢复。

若对 COD_{Cr} 有关数据分析,同样发现:

(1) 经臭氧氧化预处理的 3# 炭柱 COD_{Cr} 去除率并无明显提高,2#、3# 炭柱去除率与进水浓度关系基本上是一致的。

(2) 未经曝气预处理的 1# 炭柱去除率略低于 2#、3# 炭柱。

(3) 六月各柱 COD_{Cr} 去除率与 COD_{Mn} 有类似偏低现象。

由此可见,预臭氧氧化并没有提高炭柱的去除效率。分析其原因少量的臭氧预处理,虽然一方面能使水中部分难以生物降解的有机物转化成易为生物降解, BOD, 有不同程度地增加,但另一方面又会增强有机物的极性,从而影响了活性炭的物理化学吸

附,炭层中活性炭吸附和生物吸附分解两种效应是协同的。此外,被吸附在活性炭内的有机物与微生物接触时间远远超过空床接触时间。这样,就有利于微生物的逐步驯化,并给微生物氧化分解难以降解的有机物以更多的机会,从而减弱了臭氧对微生物生长的影响。上述因素的综合作用,导致了臭氧氧化预处理对炭柱去除率影响不大。

运行二个多月后,4# 砂柱的砂层上也挂上生物膜,对 COD 有一定的去除效率,但反冲洗时,生物膜被冲刷下来,残存很少,去除率明显降低。若用表面粗糙的多孔介质,如无烟煤、焦炭等做二级过滤的滤料,将会有助于生物生长,稳定去除率。

3. 活性炭内残存的氯仿萃取物

为分析各滤柱炭层吸附的有机物经生物分解后残存状况,在过水量约为柱体积 3 万倍时,将每根炭柱中的活性炭分三段取出,并分别用氯仿萃取,测定活性炭内的氯仿萃取物(CCE),其数值列于表 3。炭柱是上向流运行的,因此,底部进口处接触的有机物浓度最高,吸附量最大,相应的 CCE 理应最高,但是恰恰相反,在底层进口处数值最低,而顶层出口处虽然吸附量最少,但 CCE 值却是最高,表明这正是炭层中微生物活动的结果。

在底部进口处,水中所含有机物浓度高,溶解氧接近于饱和数值,炭层处于富氧环境。随着炭层的延伸,水中有机物含量逐渐减少,又生物氧化过程中需耗氧,故水中溶解氧亦逐渐减少,均不利于微生物生长,因此进口处微生物生长状况比出口处好,由炭柱外观也观察到进口端生物的生物膜远多于出口端。生物繁殖的越多,将吸附的有机物分解掉的越多,残存在炭内的越少,CCE 值随炭层延伸而递减

表 2 活性炭内氯仿萃取物

	1# 炭柱				2# 炭柱				3# 炭柱			
	层厚 (cm)	炭重 (g)	CCE (mg/g 炭)	总 CCE (mg)	层厚 (cm)	炭重 (g)	CCE (mg/g 炭)	总 CCE (mg)	层厚 (cm)	炭重 (g)	CCE (mg/g 炭)	总 CCE (mg)
底层	25	85	4.55	386.8	25	85	4.47	380.0	25	85	2.95	250.8
中层	32	108	5.97	647.6	32	108	5.80	626.4	32	108	4.68	505.4
顶层	32	107	7.03	752.2	30	102	6.88	701.8	32	107	6.30	674.1
合计	89	300		1786.6	87	295		1708.2	89	300		1430.3

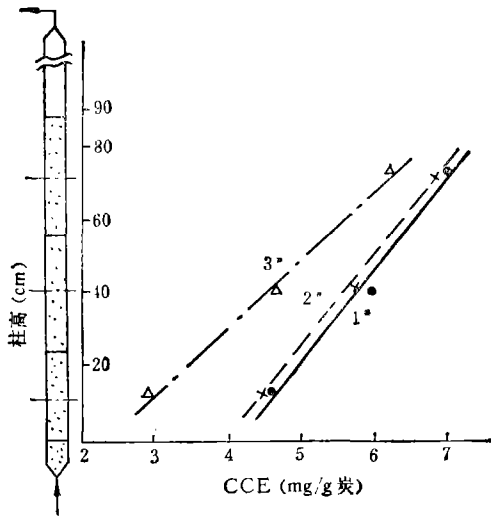


图 4 各段炭层氯仿萃取物

(图 3)。

西欧国家应用生物活性炭工艺时，主张把炭层增加到 2—4 米，以增强效应。本试验炭柱仅 90 公分高度，进出口溶解氧相差 3 毫克/升左右，出口端的

生物作用已远低于进口端。由此可见，加深炭层高度能增加吸附效率，但并不能显著增强好氧微生物分解有机物的效应，而嫌气分解是饮用水净化处理中所不希望的。

此外，因臭氧氧化分解作用减轻了活性炭的有机负荷，这致使 3# 炭柱 CCE 总值低于 1#、2# 炭柱。

4. COD 去除量与生物量、CCE 关系

表 3 为各试验柱 COD 去除量、生物量、CCE 综合一览表。表中数值表明：

(1) 1# 炭柱的 Q/COD 数值低于 2#、3# 炭柱的相应数值，而 CCE/COD 数值高于 2#、3# 炭柱相应数值，这是 1# 炭柱受余氯的影响所致。

(2) 2#、3# 炭柱的 CCE/COD_{Cr}、Q/COD_{Cr}、Q/COD_{Mn} 数值基本一致，由此，再次表明臭氧预氧化并没有增强炭柱内的生物作用。

结 束 语

用生物活性炭法去除饮用水中有机污染物能收到良好效果。氮氮平均去除率为 65% 左右，COD 去除率随进水浓度而异。微生物的分解作用能延长活性炭使用周期，这将为价格昂贵的活性炭用于水

表 3 各炭柱运行特性

柱 号	月 份	COD 总去除量 (g)		生物量 (Q) (g)	CCE (mg)	CCE/ COD _{Mn} (mg/g)	CCE/ COD _{Cr} (mg/g)	Q/COD _{Mn} (g/g)	Q/COD _{Cr} (g/g)
		COD _{Mn}	COD _{Cr}						
1#	1-4	14.7	53.3	6.36	1786.6	85.8	11.2	1.04	0.06
	5-8	6.1	196.4						
	计	20.8	159.7						
2#	1-4	15.2	63.3	10.04	1708.2	74.1	10.4	1.27	0.10
	5-8	7.9	100.8						
	计	23.1	164.1						
3#	1-4	10.5	54.5	9.32	1430.3	80.9	10.0	1.30	0.105
	5-8	7.2	88.7						
	计	17.7	143.2						

处理技术创造有利条件。生物活性炭法是从饮用水中去除有机污染物的一个重要方法。

试验表明,臭氧-活性炭联合处理工艺 COD 去除率比单独活性炭处理略高,其炭内残留的有机物较低。但是,臭氧预处理没有使炭柱本身 COD 去除效率明显增高,没有使去除 1 克 COD 在炭内存留的有机物 (CCE/COD) 有所降低,各炭柱微生物生长状况无明显差异。由此可见,臭氧氧化并非是“生物活性炭法”的必要条件,把生物活性炭法理解为臭氧-活性炭联合处理工艺则不够确切。

水中的溶解氧和有机物为好氧微生物的生长提供了必要条件,活性炭强烈吸附有机物的特性及其粗糙的表面和发达的微孔结构是微生物栖息繁殖的

良好场所。因此,在反冲洗周期恰当的情况下,不经臭氧氧化预处理的活性炭水处理工艺同样可以构成生物活性炭法。这样可将节省臭氧发生装置及投加设备的巨额投资,节约高价的耐腐蚀材料,减少日常电耗,简化水处理工艺及日常维护管理的复杂性。

哈尔滨市科委陆颖珠工程师、哈建工学院杨文琴讲师、范启祥讲师在试验过程中给予大力支持,谨表谢意。

参加本试验的还有松江罐头厂王一波、辛利文等六名同志。

(参考文献略)

10 公里范围大气环境容量的一个估算模式

雷孝恩 贾新媛 杨锦德 邓玉珍

(中国科学院大气物理研究所)

一、引 言

本文在 EPA^[1] 具有地形订正的多源高斯模式基础上,用一大型石油化工联合企业的实例,数值分析了地形起伏、粗糙度;风速随高度变化^[1,1];不同扩散参数型^[2-3];烟气抬升^[1,1];混合层高度以及降水冲刷、沉降和化学衰减等因子对地面浓度的影响,通过实测的浓度资料对模式进行验证,最后得到 10 公里范围大气环境容量模式。

二、模式的建立

任一空间点 (x, y, z) 上的浓度 c 是由对该点有贡献的所有污染源作用之总和,即

$$c(x, y, z) = \sum_{i=1}^N c_i(x, y, z) \quad (1)$$

式中 c_i 为每个污染源对点 (x, y, z) 造成的浓度, N 为污染源的总数,对一单点源,坐标给成

$$x = (S_p - S_r) \cos \theta + (R_p - R_r) \sin \theta \quad (2)$$

$$y = (S_p - S_r) \sin \theta - (R_p - R_r) \cos \theta \quad (3)$$

R 和 S 分别为东西、南北方向的坐标系, x 为上风方向的距离, y 为横风方向距离, R_p 和 S_p 为每个点源的坐标, R_r 和 S_r 为接受器的坐标。θ 为风的来

向。点源扩散公式为^[1,3,6]

$$c_i = \frac{Q_i}{u} \cdot \frac{g_1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \cdot \frac{g_2}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \quad (4)$$

$$c_i = \frac{Q_i}{u} \cdot \frac{g_1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \cdot \frac{1}{L} \quad (5)$$

$$c_i = \frac{Q_i}{u} \cdot \frac{g_1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \cdot \frac{g_3}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \quad (6)$$

Q_i 为源强, u 为烟囱出口处的风速, L 为混合层高度。对稳定大气,采用 (4) 式计算,其中

$$g_1 = \exp \left\{ \left(-\frac{1}{2} \frac{y^2}{\sigma_y^2} \right) + \left(-\frac{0.693}{T_R} \frac{x}{u} \right) + \left[-\left(\frac{2}{\pi} \right)^{1/2} \frac{V_d 2x}{u \sigma_z} \right] + \left(-\frac{E_q p}{H_1} \frac{x}{u} \right) \right\} \quad (7)$$

$$g_2 = \exp \left[-\frac{1}{2} \frac{(Z - H)^2}{\sigma_z^2} \right] + \exp \left[-\frac{1}{2} \frac{(Z + H)^2}{\sigma_z^2} \right] \quad (8)$$

T_R 为污染物的半衰期, V_d 为沉降速度, E_q 为降水清除率, H₁ 为云底的高度, p 为单位时间的降水量, H 为烟气的有效排放高度。

$$H = H_0 + \Delta h \quad (9)$$

H₀ 为烟囱实际高度, Δh 为热力和动力引起的烟气抬升。对不稳定大气或中性情况,当 σ_z ≥ 1.6L 时,