

- [7] Liu, S.-Y. et al., *Appl. Environ. Microbiol.*, **55**(3), 733 (1989).
- [8] Barik, S., Metabolism of insecticides by microorganisms, In *Insecticide Microbiology*, R. Lal ed., pp. 87—130, Springer, Berlin, 1984.
- [9] Tu, C. W., *Arch. Microbiol.*, **103**(3), 259 (1976).
- [10] Bollag, J.-M., Microbial metabolism of pesticides, In *Microbial Transformation of Bioactive Compounds* Vol.2, J. P. Rasazza, ed., pp. 125—168, CRC, Boca Raton, 1982.
- [11] Zheng, Z. et al., *Appl. Environ. Microbiol.*, **55**(1), 66(1989).
- [12] Alexander, M., *Science*, **211**, 132 (1981).
- [13] Lal, S., Microbial accumulation of insecticides, In *Insecticide Microbiology*, R. Lal ed., pp. 61—85, Springer, Berlin, 1984.
- [14] Wang, Y.-S., *J. Agric. Food Chem.*, **33**(3), 495 (1985).
- [15] Karns, J. S. et al., Use of microorganisms and microbial systems in the degradation of pesticides, In *Biotechnology in Agricultural Chemistry*, H. M. LeBaron et al. eds., pp. 156—170, ACS, New York, 1987.
- [16] Munnecke, D. M., *Biotechnol. Bioeng.*, **21**(12), 2247 (1979).
- [17] Kellogg, S. T. et al., *Science*, **214**, 1133(1981).
- [18] Munnecke, D.M., *J. Agric. Food Chem.*, **28**(1), 105 (1980).
- [19] Talbot, H. W. et al, *Biotechnol. Lett.* **4**(2), 209 (1982).

(收稿日期: 1989年3月21日)

城市污水再用于工业的研究*

王 占 生

(清华大学环境工程系)

摘要 城市再用污水的目标应先低后高以解决共同水质要求, 本文选择悬浮质与溶解性有机物开展过滤与微生物降解技术的试验研究, 并推出纤维球滤料过滤与生物填料接触氧化深度处理的方法。

污水经处理后再用于工业是水的又一次使用, 可节省大量水资源, 有利于工业的发展。以北京、天津为例, 工业万元产值取水量在 200m³ 以下, 则再用 1m³ 污水, 即可间接产生 50 元的工业产值。

本文主要研究再用于工业的污水处理中带有普遍性的问题。再用水水质指标概括起来主要是 pH 值、硬度、悬浮物与 COD (或 BOD 值), 其中 pH 值与硬度如有需要, 可另行处理。本文着重研究悬浮物与 COD 或 BOD 值。悬浮物会带来沉积、堵塞问题, COD (较 BOD 容易测定) 则产生生物垢 (因反映了能被强氧化剂氧化的无机物与有机物)。此外, 也要考察其他水质指标, 如氨氮与磷排入水体会造成富营养化, 但欲专门处理, 则要增加较多投资, 所以本文不作详细研究, 将来应在二级处理的同时采用厌氧-缺

氧-好氧系统去除。

美国水道协会 (AWWA) 提出的有关工业用水的水质标准中, 作为冷却水的浊度应 <50 度, pH 在 4—10 之间, 总硬度 <50 mg/L。

日本再用污水于补充工业循环冷却水与公共用水实例很多, 但也没有一个统一的水质标准, 一般都因地制宜、因工业而异。

二级处理水水质一般为: SS20~30、BOD15~25、COD30~60、氨氮 (以 N 计) 15—25、磷 (以 P 计) 6—10 (以上单位皆为 mg/L)。从国外的经验看, 二级处理出水稍作进一步处理就可回用于补充冷却水。深度处理 (二级处理后还需要的处理) 的方法有:

* 参加工作的还有卜城, 张晓健, 马金, 邸凯迎, 张鸿涛, 徐袁春等同志。

套用给水处理的传统方法,如混凝、沉淀或澄清、过滤、氯化;臭氧氧化、活性炭吸附以及离子交换、电渗析、反渗透、超滤等。污水再用的一般处理流程为:污水→一级处理→二级处理→过滤→氯化→再用。这个工艺流程比较简单,可供市政杂用和冷却水补充。对于再用目标高的工厂:如作工艺用水,对 COD 值有更高要求则需作复杂处理,采用臭氧氧化、活性炭吸附等;如对水中硬度、含盐量有更高要求,则需采用离子交换、电渗析、反渗透;如对水中颗粒物尺寸有更高要求,则要使用超滤。这些方法的设备投资,运行费用都将比二级处理的整个投资与运转费用高。从目前看,除有特殊需要,我国尚不具备使用的经济条件。

我们的观点是:城市污水再用的水质应先低后高,处理的方法,应先易后难。污水再用的主要目标,首先应是量大面广的循环冷却水的补充。至于含盐量高的问题,可以配合投加缓蚀、缓垢剂控制,这样就不需专设脱盐装置或软化装置,节省投资(即使多加药剂使运转费用提高,但从总的经济考虑,还是适宜的);属于某些污染源的污染物影响再用水质的,应从污染源的治理去解决(如印染厂废水的色度、冶金行业的重金属离子以及高浓度难降解的有机物等);对再用水质有特殊要求的工矿企业,应由使用者对再用水作进一步深度处理。

根据以上的原则,本文着重对去除悬浮物、胶体的过滤技术与降低溶解性有机物的生物接触氧化技术进行讨论。

一、过滤技术的研究

废水、污水再用时首先要求悬浮物含量要少,否则会沉积于管道或设备中,引起堵塞。过滤是去除液体中悬浮物、胶体、微生物最有效的手段。高效过滤材料与技术的研究,将能提高排放水水质,降低排污总量并推动污水再用。各种过滤技术的发展,都有以保证

滤后水质为前提,以提高滤速,增加周期产水量和截泥量,减少基建与运行费用为宗旨的。

近年来研究者从滤池水流方向上,滤料与滤料级配上作了改革,将过滤技术推进一步。移动床滤池用于污水过滤有其特点,但也存在结构较复杂,洗砂耗水量较大的问题。

1982 年日本尤尼奇卡公司首创纤维球滤料(用聚脂纤维作成球或扁平椭圆体),纤维球水头损失小,滤速高,截泥量大等优点引起了人们的重视。

清华大学环境工程研究所 1983 年制造了有自己特色的纤维球(球系中心结扎而成,有弹性,密度由中心向周边扩减),滤料层空隙率达 90% 以上,过滤时滤料层可被压缩。

我们曾在试验室用纤维球滤料进行自配高岭土水的过滤试验,在北京印染厂污水处理现场对接触氧化生物处理二次沉淀池出水做过滤试验,在北京清河毛纺厂进行二级生物处理出水的过滤试验。针对城市污水,我们还曾在 H 市进行污水直接过滤的探索性试验,在 D 市污水处理厂与 T 市污水处理厂进行二级处理与一级处理出水的过滤试验。现将现场试验按试验次序整理后的试验数据列于表 1。从表 1 中可见,过滤周期与周期截泥量随过滤水质与滤速而异。过滤水质在一般情况下都能在 10mg/L 以下。

现场试验中曾将自制纤维球与砂子、陶粒与煤砂双层滤料进行过比较,还与日本纤维球(扁椭圆形,纤维长 15—20mm,滤球径 10—20mm,纤维径 20—50 μ) 进行比较。结果表明:如采用同样滤速,则纤维球过滤周期将比砂子长 3 倍,比陶粒、煤砂双层滤料长一倍。与日本纤维球比较试验表明:日本球阻力损失小,但水中悬浮物易穿透,经一定时间后出水水质变差;自制球阻力损失较日本球大,悬浮物不易穿透,出水水质一直较好。两者各有特点,相对而言,自制球更接近理想滤料。

表 1 纤维球过滤污水现场试验数据

试验时间现场名称	纤维球特性	过滤水样	滤速 (m/h)	悬浮物 (mg/L)		过滤周期 (h)	周期截泥量 kg/m ³
				进水	出水		
1984 年 4~6 月北京印染厂	d33mm 丝 65~75μm 重 1.36g	接触氧化池出水	15	58.0	<5	7.3	6.03
			20	18.1~78.4	<5	3.75~17	5.5
			30	28.0~37.4	<5	4.2~5.5	3.96~5.84
			40	21.7~60.0	<5	1.8~5.75	4.03~4.53
1985 年 4 月~1986 年 6 月清河毛纺厂污水车间	d35~45mm 丝 20.2~33μ 重 0.51~1.47 g	沉淀池出水	20	27.0	0.7	7.6	4.02
			30	8.6~17.0	0.1~0.3	4~12.8	2.03~3.19
		氧化池出水	20	37	3.0	8.3	5.64
			30	59	3.0	4.0	6.72
		调节池出水	20	20.0~30.0	1.0~5.0	4.0~6.0	2.09~2.28
			30	21.0	3.3	1.75	0.93
1984 年 7 月 H 市东污水泵房	d33mm 丝 65~75 μ 重 1.36 g	城市排水管道污水	15	106.6	9.1	7.5	14.9
			20	52.6	6.2	7.0	6.50
1988 年 1 月 D 市污水厂	d30mm 丝 50μ 重 1.08g	二级处理出水经沉淀	10	10~45	2~30	24	
			20	8~128	2~7	24	
1988 年 1 月 T 市污水厂	同上	一级处理出水	10	40.3	11.4	34	9.8
			15	47.9	8.0	19	11.2
			20	45.0	9.4	14.5	10.3
			25	55.2	10.8	11.5	12.8
		二级处理出水	10	9.3	1.6	110	8.5
			20	7.1	0.8	36	4.5
			25	7.6	0.9	25	4.2
			30	6.8	0.8	21.6	3.9

纤维球具有以下特性:

1. 纤维球的密实度是指在圆形球体中纤维丝占的体积,它与球径、球重有关。纤维球的密实度影响着过滤效果、滤料冲洗效果。密实度越大,球越重,在过滤时滤料层可压缩性较小,水头损失较小,但滤速大时,悬浮物易穿透。密实度小,球轻,制作时工作量大。

2. 纤维丝丝径粗细与出水水质有关,丝径细可去除较多悬浮颗粒,出水水质好,剩余颗粒粒径小,但水头损失较大。

3. 纤维球的再生需用气、水反冲,气起主要作用,气量控制在 40—50L/m²·s,水量在 10L/m²·s 时,可冲洗干净。球密实度大不易洗净,要求气量大。

4. 纤维球积泥量占球自重 10% 左右,在一定的气水反冲下,积泥处于动平衡状态,积泥量趋于稳定,不再增加。积泥会影响工作周期,但不影响出水水质。

根据上述,可得出以下结论:

1. 用涤纶纤维短丝(无毒、耐酸碱、耐磨)结扎而成的自制纤维球滤料与传统刚性颗粒滤料(砂、煤、陶粒等)不同,是可压缩的软性滤料,空隙率大,在过滤过程中,由于水流阻力而产生压缩,滤层空隙率沿水流方向逐渐变小,比较符合理想滤料上大下小的孔隙分布。

2. 与砂子、无烟煤、陶粒等滤料相比,纤维球滤料具有滤速高、截泥量大、工作周期长等优点。

3. 纤维球滤料在污水再用处理中(污水直接过滤、一级处理后过滤与二级处理后过滤)将能发挥其特点。在同样过滤水量时,采用纤维球滤料可以提高滤速,从而节省过滤设备的容量,节省投资。

二、生物填料接触氧化技术

生物活性炭法是近年发展起来的一种去除微量有机物的有效方法。它既利用了活性

炭的物理吸附作用,又发挥其表面生长的微生物膜对有机物的降解作用,使活性炭能较长期地使用,它的累积去除污染物量大大超过单纯的物理吸附,是一种高效、经济的饮用水与污水深度处理方法,正越来越多地引起人们的注意。

根据我们近年来的研究,生物活性炭法实质上是生物降解作用与活性炭吸附作用的结合。其工作周期长的主要原因是:炭床中微生物能长期地去除大部分可被生物降解的有机物。可以认为,当活性炭物理吸附能力消失后,主要依靠生物降解作用,此时,活性炭将与载有微生物的其他填料一样,将只具有生物降解作用。

利用太原新华化工厂生产的 QJ-20 球状活性炭与其他惰性材料:焦炭、陶粒(页岩和粘土)、砂子、沸石(两种)、炉渣、褐煤、麦饭石进行去除有机物的比较试验。试验水样系苯酚配制而成,填料粒径皆控制在同样大小,试验柱采用有机玻璃,内径 90mm、高 1000 mm,柱下充气补充溶解氧。各对比试验组的材料与参数列于表 2。

通过上述对比试验,可以得出:

1. 生物活性炭在运行期间,吸附能力逐渐下降,趋于饱和。此后主要是炭上生物膜对有机物的降解作用,可长期运行,不需再生。

2. 惰性材料作为生物载体,经一段运行,

表 2 生物填料接触氧化法各对比试验组材料与参数

组别	材料与参数	材料	污染质	进水浓度 (mg/L)	填料高 (cm)	滤速 (m/h)	停留时间 (min)	试验天数 (d)
一		活性炭、焦炭、页岩陶粒、砂子	苯酚	20	20	10	1.2	19
二		同上,活性炭为新炭,其余为用过的	同上	5	20	10	1.2	7
三		同上	同上	5	5	5	0.6	9
四		活性炭、粘土陶粒大同沸石、张家口沸石、炉渣、褐煤、麦饭石	同上	15	20	5	2.4	60

生物降解能力上升到一定程度,即趋稳定,此时生物膜长成,其对苯酚的去除率与活性炭运行一段后吸附能力趋于饱和时去除苯酚的能力相当。

3. 活性炭比其他惰性填料在初期运行时去除苯酚能力高,这是由于它具有吸附能力的缘故。但从长期运行角度而言,完全可以利用惰性填料代替活性炭。

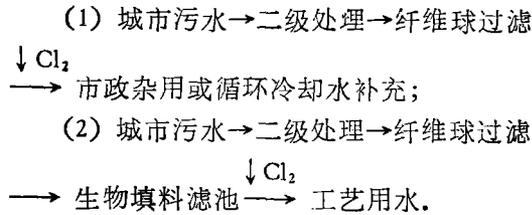
4. 根据对惰性材料的筛选,凡重量较轻、机械强度高,耐腐蚀性好,表面粗糙而又无可溶性杂质(尤其是有害物质与金属离子)的材料,都可作生物载体用以进一步处理污水,达到再用的水质目标。在本试验的条件下,以

陶粒、山西沸石和麦饭石效果较好。

1986 年起曾将惰性材料陶粒与山西沸石作为生物载体分别用于 T 市、D 市污水二级处理出水深度处理试验。生物陶粒与生物沸石柱经一段时间运行后,对有机物的去除效率(以 COD 值或 OC 值表示)都在 45% 左右,取得满意的结果。因此,可以认为在污水再用处理工艺中,利用当地的惰性材料作为生物载体,由微生物对污染质起生物氧化作用是符合国情、价廉有效的污水深度处理方法。

综合以上纤维球过滤与生物填料接触氧化技术的研究成果,在城市污水再用处理工

艺中可推荐以下工艺流程:



参 考 文 献

[1] 顾夏声等,水处理工程,146—147页,清华大学出版

社,1985年.
 [2] 金实,新型滤料——纤维球的研究,68—69页,清华大学硕士学位论文文集,1984年.
 [3] 张晓健,生物活性炭法生物降解与炭吸附有机物关系的研究,127—129页,清华大学博士学位论文集,1985年.
 [4] 耿士锁,纤维球滤料过滤废水的试验研究,57—55页,清华大学硕士学位论文文集,1987年.
 [5] 邸凯迎,用于污水深度处理和回用的生物填料反应器的工艺研究,89—90页,清华大学硕士学位论文文集,1988年.

论我国西北干旱区环境及其变迁的特殊性

马 瑞 俊

(西北师范大学地理系)

摘要 本文以对比的观点,从形成原因、空间结构、水热组合、自然和人为因素对环境变化的不同影响等问题,对西北干旱区环境的特殊性进行理论探讨。

相对于湿润区,干旱区是一种特殊的地理环境。就分布于世界各地的干旱区本身而言,除有其共性之处外,其成因和演变历程及自然景观尚有其不同程度的区域差异,我国西北干旱区环境也有其特殊性的问题。

—

我国西北干旱区的形成原因有二,(一)深处大陆腹地,富含水分之暖湿气流难以到达;(二)青藏高原的作用。青藏高原的抬升,不仅使本地区成为高寒荒漠,而且使其周围地区的自然环境也发生巨大变化。青藏高原对西北干旱区的影响,表现为高原的屏障作用和高原季风作用。(1)高耸的巨大山原阻断南北气流的自由交换。其结果之一,冬季时,原应位于西藏南部之副热高压中心,向北迁移二十个纬度,由于大陆的剧烈的冷却和冷空气的阻塞聚积,形成强大蒙古西伯利亚高压中心。它不仅控制西北地区,且被迫频频向东南倾泻,增加了我国东南半壁气候的

大陆性。同时蒙古西伯利亚高压还是抑制西北地区低空盛行西风的一个因素。这是我国北方特别是西北干旱区冬季特别干冷鲜少雨雪的原因。其结果之二,夏季时,赤道低压槽北移形成较深的印度低压中心。并在其吸引之下,导致跨越赤道来自南半球的西南季风的爆发。但这种给印度等国带来丰富雨泽的湿热西南季风,未能深入西北地区使其受惠。(2)青藏高原季风的作用。夏季高原是热源,出现热低压,高原北侧之气流在向高原辐合过程中,部分气流受高原边缘地形的阻遏,向高原北坡回转下滑;同时高原上空之高压在高原之北形成了辐散下沉气流,这两种气流叠合在一起。冬季时,来自北方蒙古高压的回转下沉气流与青藏高原冷高压辐散下沉气流又结合起来。这种冬夏皆存的下沉气流,使位于青藏高原之北的我国西北地区,变得更为干旱。