粗粒沉积物对污水的净化能力试验研究

张明泉　曾正中　高洪宣

（兰州大学水资源环境研究室，兰州　730000）

摘要　采用连续和间歇2种注入方式，对粗粒松散沉积物净化污水的能力进行了试验研究。结果表明，1.5m厚的砂卵石层对污水中细菌、合成洗涤剂、总铬等污染物的净化率可达50%以上。间歇注入试验对Mn(Ⅰ)的净化率可达76.15%，而连续注入试验仅为24.7%。污水在粗粒沉积物中的入渗属氧化条件，有利于硝化作用进行。

关键词　污水净化，粗粒沉积物，连续注入，间歇注入。

研究包气带物质——松散沉积物对污水的净化能力，不仅对预测预防地下水污染、保证供水源安全可靠具有实际意义，而且可以为城市污水土地处理以及污水再生利用于农田灌溉提供科学依据，同时对解释污染物在松散层中的迁移转化具有一定的理论价值。近年来有关污染物在松散沉积物中迁移转化的研究并不少见[1—3]，但主要涉及细颗粒沉积物（土壤、淤泥等），对污染物在粗粒沉积物（砂、砾和卵石等）中的迁移转化以及粗粒沉积物对污水净化能力的研究还很少见到。本文针对我国西北地区粗粒沉积物分布较多的特点，结合新疆乌鲁木齐市污水排放在北郊戈壁砂砾石层入渗对地下水的影响预测问题，开展了粗粒沉积物对污水的净化能力试验研究。

1　试样和方法

试样采自新疆乌鲁木齐河下游冲洪积扇松散沉积层。该沉积层的颗粒组成为：粒径>20mm的卵石组占41.0%，20mm—2mm的砾石组占35.6%，2mm—0.2mm的砂粒组占21.3%，<0.2mm的细粒物质占2.1%。

试验装置采用有机玻璃管制成的渗流柱，管径200mm，长1500mm。试样装入渗流柱的密实程度用干容重2.1控制，力求做到与野外沉积层的密实度相同。试样装好后用自来水供给渗流柱10d左右的时间，以改善试样结构，冲洗试样中的易溶物质，形成稳定渗流。同时要测定试样的饱和含水量、给水度、持水度、渗透系数和非饱和入渗速度等。

污水为兰州市五里铺污水厂入口混合污水。由于污水成分变化较大，为保持试验用污水成分的相对稳定，在试验开始前一次性取来污水，在每次试验供给污水之前都需重新对污水成分进行监测，并在污水中加入适量的$K_2Cr_2O_7$、$NaAsO_2$、$MnSO_4$等，待稳定后再对供试污水液进行监测，使供给污水中Mn、Cr、As等的含量始终保持在某一范围内，其目的是为了便于对污水渗出液监测分析。

按供给渗流柱污水的方式不同，本次污水净化试验分为连续注入和间歇注入2种。二者均采用定水头从上往下供给污水（模拟污水向地下入渗）。连续注入试验历时25d，供给污水总量1715L，在连续试验期间，对供给污水和污水渗出液每天监测1次，监测项目有：pH、Mn、As、Cr(Ⅵ)、Cr_T、NO_3^--N、NH_4、COD、合成洗涤剂(ABS)、细菌总数和大肠杆菌等。间歇注入试验总历时117d，每周给渗流柱注入污水1次，每次注入污水量20L，每次对污水供给液和渗出液都进行监测分析，监测项目与连续试验项目相同。

2　结果与讨论

2.1　连续注入污水的净化率

根据连续注入试验过程中污水供给液和渗出液监测分析数据，计算出渗出液浓度c与相应的污水供给液浓度c_0的比值c/c_0，以此值为纵坐标，试验延续时间t为横坐标，绘制出连续注入

收稿日期：1994-08-17

污水净化试验 c/c_0-t 曲线(见图 1)。

c/c_0 值与净化率呈互补关系,即:

$$\text{净化率}=(1-c/c_0)\times 100$$

c/c_0 值越小,表示净化率越大,反之,则净化率越小。从图 1 可见,该试验对污水中不同污染物的净化效果是不同的。Mn、As、NH_4 的净化率随时间延续降低,Cr、ABS、COD、大肠杆菌、细菌总数等有着相对稳定的净化率。取各次监测分析结果的平均值,计算其净化率列于表 1。可见在本次试验条件下,粗粒松散沉积物对污水中污染物净化能力比较大的有细菌、合成洗涤剂(ABS)、总铬(Cr_T)等。

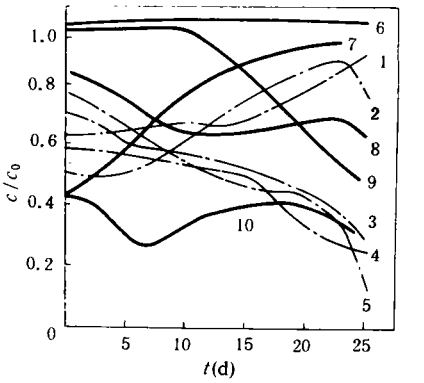


图 1 连续注入污水净化试验结果

1. Mn 2. As 3. Cr 4. ABS 5. Cr_T 6. NO_3 7. NH_4 8. COD 9. 大肠杆菌 10. 细菌总数

表 1 连续注入污水试验平均净化率

项目	细菌	ABS	Cr_T	Cr(Ⅵ)	COD	As	Mn	NH_4	大肠杆菌	NO_3
净化率(%)	66.34	66.30	56.54	53.70	29.91	29.85	24.66	17.92	16.94	−4.2

2.2 间歇注入污水的净化率

由于间歇试验的不连续性,每次试验受当时温度、介质含水量、污水成分、pH 值和 Eh 值等因素的影响,使各次试验监测到的数据差别较大。因此,用 1—2 次试验数据难以客观地反映介质对污水的净化能力。只有取多次试验所得 c/c_0 值的平均值,按 c/c_0 与净化率的换算关系,方可得出间歇注入污水试验的平均净化率(见表 2)。可以看出,粗粒沉积物对间歇注入污水的净化能力因每次条件的不同而不同,但平均看,对污水中 Mn、细菌、ABS、Cr 的净化率均可达 50% 以上。

表 2 间歇注入污水试验结果(相对浓度 c/c_0)

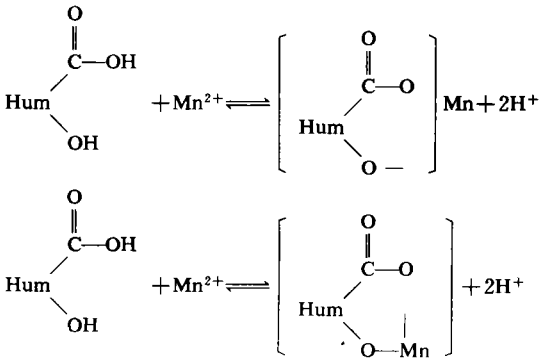
序次	pH	Mn^{2+}	As^{3+}	Cr^{6+}	Cr_T	ABS	NO_3^-	NH_4^+	COD	细菌	大肠杆菌
1	7.79	0.2650	0.5464	0.6639	0.6337	0.5229	1.0521	0.5135			
2	8.19	0.2803	0.9535	0.7824	0.6323	0.3824	3.7071	0.8307	0.9115		
3	7.76	0.1050		0.1099		0.2615	1.4500	0.8959	0.5960		
4	7.82	0.3015		0.2500	0.2487	0.3054	1.1761	0.9607	0.6436	0.220	1.00
5	7.70		0.9145	0.1111	0.3198	0.3519	2.9056	0.5875		0.375	0.786
6	7.67	0.3383	0.8073	0.3444	0.3646	0.1440	2.6613	0.6202			
7	7.77	0.1645	0.7416	0.3750	0.2651	0.3333	2.2923	0.4014	0.9528	0.200	1.00
8	7.70	0.4342	0.7298	0.6043	0.2984	0.5432	1.2962	0.4651	0.6477	0.210	0.391
9	7.83	0.1463	0.8075	0.7721	0.4598	0.1667	1.7447	0.4413	0.5345		
10	7.55	0.1111	0.8367	0.2857	0.5000	0.6121	1.4724	0.6435	0.6811	0.5441	1.00
平均 c/c_0		0.2385	0.7927	0.4298	0.4158	0.3619	1.9758	0.6368	0.7097	0.3098	0.8355
平均净化率%		76.15	20.73	57.01	58.42	63.81	−97.58	36.32	29.03	69.02	16.47

2.3 连续试验与间歇试验结果对比分析

(1)本次试验监测的 10 种污染物中,除 NO_3^- 外其它 9 种污染物的平均净化率在间歇试验条件下为 47.4%,连续试验为 40.2%。造成这种差别的主要原因是氧化还原条件不同。在间歇注入污水的间歇期,粗粒沉积物(砂卵石层)可以

有比较长时间的“充气期”，能够使试样中约 19.4%的空间(孔隙实测值)被空气占据。在污水注入期间，试样中孔隙的大部分被污水占据，充水孔隙率为 13.2%，充气孔隙尚有 6.2%。因此，间歇试验中污水的“曝气”条件优于连续注入试验，有利于污染物发生氧化反应。其次是在相同的一段试验期内，间歇试验注入的污水量远小于连续注入量，并且间歇注入污水中的污染物质与固体颗粒介质有较长时间的作用过程，有利于污染物的吸附、沉淀和转化。

(2)2 种试验条件下对 Mn 的净化率差别较大，间歇试验达 76.15%，连续试验只有 24.7%。这主要是受试样中腐殖质作用所致。一般沉积物中都存在有腐殖质，由于腐殖质中的活性羧基、酚基的氢可以质子化，通过离子交换和螯合吸附 Mn。腐殖质的离子交换吸附机制及螯合吸附机制可用下式表示：



从上述反应式可以看出，Mn 的交换吸附转化率愈高，进入溶液的 H^+ 愈高，则 pH 值愈低。据 2 种试验条件下渗出液 pH 实测，间歇试验 pH＝7.61，连续试验 pH＝7.89，符合上述 Mn(Ⅱ)与腐殖质的交换吸附结果。污水中本身含有较高的有机成分，在间歇试验过程中的间歇“曝气”期间，生化作用要比连续试验剧烈，便于腐殖质的形成，可使 间歇试验过程中产生较多的腐殖质，因此，间歇试验对 Mn 的净化率高。另外，由于间歇试验氧化环境比较好，可使一部分二价锰转化为四价锰[4]。

(3)2 种试验条件下 NO_3^- 的净化率均为负值。也就是说污水通过粗粒沉积物时，不但 NO_3^--N 含量没有减少，反而增加了。间歇试验 NO_3^- 的转化率可达－97.5%，即增长近 1 倍。这是因为间歇试验有较好的充气条件，硝化作用强烈，就是连续试验也处于氧化条件，这是由粗粒沉积物的大孔隙、透气性能好所决定的。良好的氧化条件，有利于硝化细菌的活动，可使污水中含氮有机物降解形成 NO_3^-，其反应式为：

$$NH_4^+ + 2O_2 \longrightarrow NO_3^- + 2H^+ + H_2O$$

$$NH_4^+ \xrightarrow{\text{亚硝化菌}} NO_2^- \xrightarrow{\text{硝化菌}} NO_3^-$$

由于间歇试验和连续试验充气条件或氧化条件存在差异，使得硝化作用的程度大不一样。连续试验对 NO_3^- 的净化率仅为－4.2%，与间歇试验的－97.5%相比，相差甚远。与 NO_3^- 的净化率相对应，间歇试验中 NH_4^+ 的净化率也就大于连续试验中 NH_4^+ 的净化率。

2.4　吸附饱和与净化能力的变化

沉积物对污水的净化包括对污染物的吸附、沉淀、离子交换、络合、螯合、生物摄取、分解等作用过程。沉积物对污水中污染物的广义吸附作用是净化污水的重要方面，它包括物理吸附、化学吸附和生物吸附。一般来讲，在静态条件下，沉积物仅仅对某种无机污染物的吸附可达到饱和值，而在动态条件下，不论是无机污染物还是有机污染物，吸附很难达到饱和值。

本次进行的粗粒沉积物对污水的净化试验，不管污水注入方式是连续的还是间歇的，污水与沉积物之间作用的过程中，在沉积物颗粒表面可逐渐形成肉眼可见的生物膜。该生物膜不仅能吸附和分解有机物，而且可吸附或摄取重金属元素[5]。随着时间的延续，生物膜厚度逐渐增加，使其对污水中污染物的吸附作用持续进行，很难形成吸附饱和状态。当生物膜增长到一定厚度时，会改变介质的透气性和透水性，导致对某些污染物净化率降低，但介质对污水的净化能力不会完全丧失。

3　结论

(1)污水渗流经过以砂、砾、卵石为主体的粗粒沉积物时，对其具有净化能力。1.5m 厚的粗粒沉积物对污水中细菌、合成洗(下转第 77 页)

表8　叠氮化钠溶液排除 NO_2^- 干扰的结果[1)]

$NaNO_2$(mg/L)	0.00	0.10	0.20	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
吸光度	0.273	0.268	0.269	0.272	0.276	0.270	0.272	0.271	0.270

1)　肼含量0.100mg/L,加1%叠氮化钠1ml

1ml叠氮化钠摇匀,再进行测定,可排除 NO_2^- 的干扰。

4　结论

含肼废水用对二甲氨基苯甲醛分光光度法测定,操作简便,分析速度快,灵敏度高,干扰物质少。经8个实验室对0.100、0.500、0.800mg/L标准溶液的验证,实验室内标准偏差为3.7%、0.9%、0.6%。实验室间相对偏差4.4%、1.3%、0.9%。加标回收率在88%—110%之间。符合水和废水监测的要求。

参考文献

1　中国医学科学院卫生研究所.地面水水质监测方法注解.重庆:四川涪陵《群众报》社,1980:63

2　孙宏.环境科学.1993,13(4):35

3　国家环保局等.水和废水监测分析方法.第三版,北京:中国环境科学出版社,1989:48

(上接第31页)件限制,IMC菌球充填率没有达到最佳水平,若提高此项指标,预计COD去除率将会大大提高。

3　结论

(1)应用固定化细胞技术,采用厌氧-好氧工艺处理四环素结晶母液(经回收草酸并稀释约4倍和调整pH值)是可行的。效果优于普通A/O法,容积负荷提高16%。

(2)固定化PVA小球内部的多孔结构对污染物有吸附作用,有利于四环素的降解。同时,甲烷菌在球内部生长良好,由于固定化对外界条件的耐受压力增大。

(3)固定化法防止了污泥的上浮,菌体流失,同时气、液、固三相易于分离,便于管理。

参考文献

1　Chevalier. Biotechnol. Lett.. 1985,7(6): 395

2　中岛.月刊下水道.1985,8(8): 64

3　橋本.下水道協会誌.1986,23(261): 16

4　橋本.下水道協会誌.1986, 23(262):16

5　谭渝云.水生生物学学报.1986,10(3): 9

6　李彤,俞毓馨,胡纪萃.环境科学.1990, 11(5):41

7　王蕾、俞毓馨.环境科学.1992, 13(3): 51

(上接第47页)涤剂(ABS)、总铬(Cr_T)等污染物的净化率可达50%—70%以上。

(2)污水在粗粒沉积物中的渗透属氧化条件。间歇式污水注入有利于产生较多的腐殖质,腐殖质对Mn(Ⅱ)有较强的离子交换吸附和螯合作用,使Mn(Ⅱ)的转化率达76.15%;而连续注入试验对Mn(Ⅱ)的转化率只有24.7%。

(3)污水在粗粒沉积物中的入渗有利于硝化作用进行,使污水中的 NH_4^+-N大部分转化为 NO_3^--N,渗出液中 NO_3^- 浓度大于污水供给液。尤其是间歇式污水注入,经1.5m厚的粗粒沉积层,渗出液中 NO_3^- 浓度增长近1倍。

(4)尽管薄层粗粒松散沉积物对污水具有净化能力,但净化率是有限的,加之粗粒沉积物易于污水入渗,随着污水入渗时间的延续,其净化能力还会降低。因此,在地下水浅埋的粗粒沉积物分布地区,应严格限制污水直接排放和渗入,以保证地下水源免遭污染。

参考文献

1　夏增禄.土壤环境容量及其应用.北京:气象出版社,1988:96—119

2　夏增禄,李勋光等.土壤环境容量研究.北京:气象出版社,1986:75—83

3　刘兆昌等.环境科学学报.1990,10(2):160

4　朱而勤.大洋锰结核矿物学.济南:山东大学出版社,1987:75—100

5　王宝贞.水污染控制工程.北京:高等教育出版社,1990:194—195,293—301

of 146.8—351.4 ml/(L • d), a hydrogen content of above 60% in the gas, and a COD removal of 62.3%— 78.2%. When the concentrations of wastewater ranged from 1260 to 5040 mgCOD/L, the IPSB could maintain stable hydrogen production for 93 hours, with an average gas production rate of 120.7—140.0 ml/(L • d), a hydrogen content of above 75% in the gas, and a COD removal of 41%—61.3%.

Key words: hydrogen production, photosynthetic bacteria, soybean wastewater.

Pilot Study on the Capacity of Coarse Sediments to Purify Wastewater. Zhang Mingquan et al. (Research Division of Water Resource & the Environ., Lanzhou Univ., Lanzhou 210024): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(1), 1995, pp. 45—47

The capacity of coarse sediments to purify waste water was determined in laboratory by both continuous and intermittent infiltration tests. It was found that more than 50 percent of bacteria, synthetic detergent and total chromium can be removed from the municipal waste water after its infiltrating through a 1.5m thick gravel soil. The removal of Mn(Ⅱ) may be up to 76.2% in the intermittent infiltration test, but only 24.7% in the continuous infiltration test. There is an aeration condition in coarse sediments when waste water is infiltrating through it, that is advantageous for nitrification.

Key words: purifying of waste water, coarse sediments, continuous infiltration, intermittent infiltration.

A New Method for Assessing Environment Quality: Twice-slope classification. Ding Jinbao (Zhuzhou Research Institute of Environmental Science, Zhuzhou 412000): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(1), 1995, pp. 48—51

Based on the principles of the white function construction in the grey system theory and the grey classification, and the weight thought from fuzzy comprehensive assessment, a new method for assessing environment quality, i.e., the twice-slope classification, was suggested. A successful example of using the new method to assess air environment quality was given in this paper. A function based on the twice-slope method was established, and the value range of pollutants in the function was expanded with a full use of information. Compared with other methods, the new method made the use of information much fuller and gave the conclusion more reasonable and credible. It could also overcome the defects of both fuzzy comprehensive assessment and grey classification and have more practical use in environment quality assessment.

Key words: twice-slope classification, fuzzy comprehensive assessment, grey classification, environment quality assessment.

Study on Large Pore Size Ultrafiltration Membrane of Polyvinylidene fluoride (PVDF). Wang Jingrong (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(1), 1995, pp. 52—53

A study on the preparation of large pore size ultrafiltration membrane of PVDF was reported in this paper. The effect of main parameters, such as solvents, additives and temperature, on the membrane properties was discussed. The membranes with a weight cut-off of 240000 and 150000 were prepared. The flux of 30—70 ml/(cm^2 • h) and the rejection rate above 90% can be achieved.

Key words: polyvinylidene fluoride, large pore xize, ultrafiltration membrane.

Meteorological Characteristics of the Surface Dust Storm Bearing Yellow Sands Occurred on 8 April 1994 in the Hexi (Gansu) corridor and the Determination of Atmospheric Aerosol. Quan Hao et al. (Sino-Japanese Friendship Center of Environmental Protection, Beijing 100029): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(1), 1995, pp. 54—57

The process of forming the weather characterized by the surface dust storm bearing yellow sands occurred on 7—8 April 1994 in the Hexi Corridor of Gansu Province, and the results from both the meteorological observation and the determination of atmospheric total suspended particulates (TSP) were reported, along with describing the meteorology and the characteristics of a atmospheric aerosol while a weather of surface dust storm bearing yellow sands being occurred in northwest China. This surface dust storm was centred on the area of Jiayuguan and jiuquan, where it was found to have a TSP concentration of up to 38.00mg/m^3, an indoor TSP level of 8.63 mg/m^3, a natural dust deposition intensity of 296.22 t/(km^2 • month), a cloud of yellow sands raising up to an altitude of about 2000 to 3000 m, and an increase in the levels of main constituting elements such as Si, Al, Ca Fe, Mg, Mn and Ti. The atmospheric contents of yellow sands were being progressively decreased along the line from Jiayuguan, Jiuquan, Jincang, Lanzhou to Beijing as the distance increased. Then, at 2 AM on 11 April, the Haboob phenomenon occurred in most parts of the Gansu Province. It was suggested that in a future study on the dust storm bearing yellow