

高速公路服务区污水生态土壤处理的基质配比研究

陈玉成^{1,2}, 杨志敏^{2,3}, 何娟²

(1. 西南大学三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400715; 2. 西南大学资源环境学院, 重庆 400716; 3. 重庆市农业资源与环境重点实验室, 重庆 400716)

摘要: 采用清水渗透、污水渗透、静态吸附、动态穿透和给水度等试验, 确定了重庆地区高速公路服务区污水生态土壤处理系统中基质配比、水力负荷和湿干比。结果表明, 根据选材容易、水力负荷大、除污能力强等原则, 推荐重庆地区高速公路服务区污水生态土壤系统中处理层的配比基质为 30.67% 紫色土、61.33% 河沙和 8.00% 煤渣混合基质, 承托层为 0.20 m 厚的卵石与 0.10 m 厚的碎石。生态土壤处理系统总高度 1.6 m, 其中 1.00、1.20、1.40、1.60 m 处的水力负荷分别为 0.344、0.322、0.307、0.298 $\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$ 。处理层的淹水时间 1 d、落干时间 1.5 d, 即湿干比为 1:1.5。

关键词: 高速公路; 服务区; 污水; 土壤; 渗滤

中图分类号: X703.1 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2011)04-1066-07

Matching Study on Treatment of Sewage from Highway Service Area by Ecological Soil System in Chongqing

CHEN Yu-cheng^{1,2}, YANG Zhi-min^{2,3}, HE Juan²

(1. Key Laboratory of Eco-environments in Three Gorges Reservoir Region (Ministry of Education), Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China; 3. Chongqing Key Laboratory of Agricultural Resources & Environment, Chongqing 400716, China)

Abstract: The osmotic coefficient by clear water and sewage, static adsorption, dynamic and water penetration tests were conducted to determine the parameters, which including materials matching, hydraulic loading, and wet to dry ratio, in the treatment of sewage from highway service area (SHSA) in Chongqing by ecological soil system. The results showed that, according to principles of easier getting, high and stable hydraulic load, large decontamination capability, the materials matching of working layer SHSA was made of 30.67% soil, 61.33% sand and 8.00% cinder in Chongqing, and the supporting layer was consisted of 0.20 m cable and 0.10 m broken stone (height). The total height of the ecological soil system was 1.6 m, at which 1.00, 1.20, 1.40, 1.60 m department of hydraulic loading were 0.344, 0.322, 0.307, 0.298 $\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$, respectively. The flooding period of working layer was 1 d and the drying period 1.5 d, *i. e.*, the ratio of wet to dry was 1:1.5.

Key words: highway; service area; sewage; soil; infiltration

高速公路服务区均远离城镇污水管网, 附近无配套的污水处理系统, 污水大多只是经过简单处理甚至不经处理就地排放, 对周围环境产生不利影响, 甚至造成纠纷, 影响到服务区的正常运行^[1-4]。考虑到重庆高速公路建在山岭丘陵区, 服务区污水处理设施必须符合高效率、低成本、耐冲击、易操作、易维护、出水回用等要求^[1,5-7]。经过比选研究, 服务区污水可以经过适度预处理后, 采用地形高差的无动力或低能耗处理工艺, 进入生态土壤渗滤处理系统^[2-4,6,8-15]。本研究通过基质配试验, 构建处理层基质, 确定水力负荷与湿干比, 以期为提高服务区污水的生态土壤渗滤处理效能提供设计依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

紫色土取自西南大学校园, 潮土取自北碚区龙

凤溪畔, 河沙取自嘉陵江畔, 煤渣取自重庆市火力发电厂, 碎石取自重庆市某采石场, 卵石取自嘉陵江畔。污水取自重庆市北碚区团山堡服务区附近排污口, 其水质指标见表 1。

1.2 试验装置

常水头渗透试验装置(图 1)和给水度试验装置(图 2)参照文献[16]设计。柱体底内半径为 52.5 mm, 柱身高度 350 mm。

1.3 试验方法

1.3.1 清水渗透试验

选取重庆地区丰富的紫色土、潮土、河沙、煤渣、碎石等作为生态土壤处理层的备选基质。在常水头

收稿日期: 2010-04-17; 修订日期: 2010-09-07

基金项目: 国家山区公路工程技术研究中心开放基金项目 (20080003, 20080004)

作者简介: 陈玉成(1965~), 男, 教授, 主要研究方向为水污染控制工程, E-mail: chenycheng@swu.edu.cn

表 1 供试污水水质/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$
Table 1 Sewage quality in experiment/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

指标	pH	SS	COD	TN	$\text{NH}_4^+ -\text{N}$	TP	石油类
测值范围	6.76 ~ 6.82	110 ~ 250	172.42 ~ 522.05	37.30 ~ 83.16	20.08 ~ 62.41	4.14 ~ 6.88	3.89 ~ 7.55

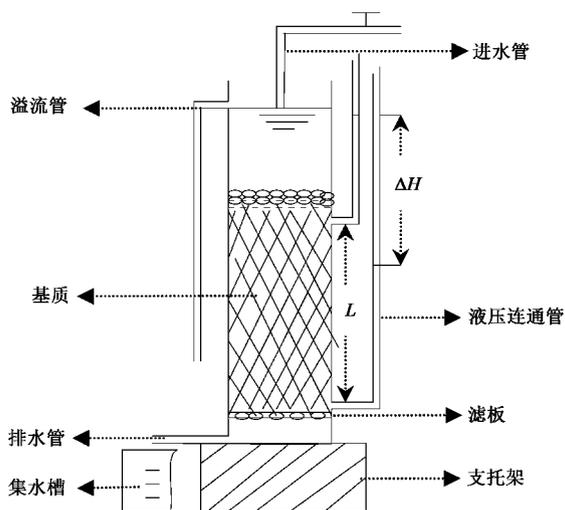


图 1 常水头渗透试验装置

Fig. 1 Device of ordinary water experiment

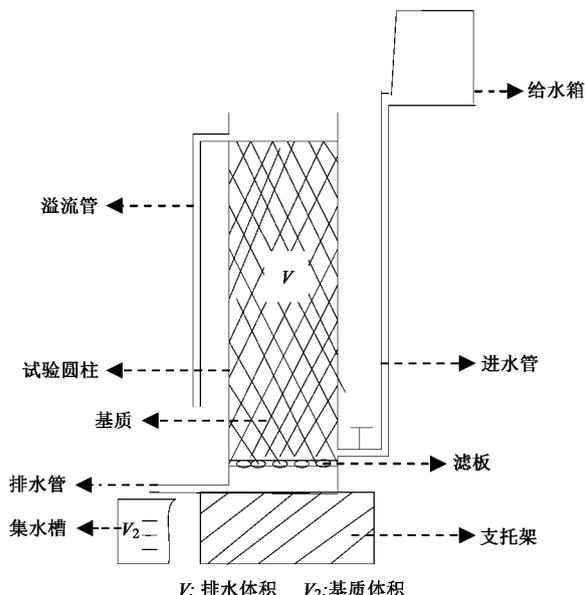


图 2 给水度试验装置

Fig. 2 Device of feed water experiment

后,测定时间 t 内流经基质的流量 Q 和连通管的水头差 ΔH . 连续配水 7 d, 每天定时测定渗透系数 k :

$$k = QL/\Delta HS t \quad (1)$$

试验设 8 个处理, 即 20.00% 紫色土 + 80.00% 河沙 (A_1)、25.00% 紫色土 + 75.00% 河沙 (A_2)、33.33% 紫色土 + 66.67% 河沙 (A_3)、50.00% 紫色土 + 50.00% 河沙 (A_4)、66.67% 紫色土 + 33.33% 河沙 (A_5)、75.00% 紫色土 + 25.00% 河沙 (A_6)、100% 紫色土 (A_7)、100% 潮土 (A_8).

1.3.2 污水渗透试验

根据清水渗透试验初选结果, 进行高速公路服务区混合污水的渗透试验. 试验设 3 组、9 个处理, 即 33.33% 紫色土 + 66.67% 河沙 (B_1)、25.00% 紫色土 + 75.00% 河沙 (B_2)、100% 潮土 (B_3)、92.00% B_1 + 8.00% 煤渣 (B_4)、92.00% B_2 + 8.00% 煤渣 (B_5)、92.00% B_3 + 8.00% 煤渣 (B_6)、92.00% B_1 + 8.00% 碎石 (B_7)、92.00% B_2 + 8.00% 碎石 (B_8)、92.00% B_3 + 8.00% 碎石 (B_9).

1.3.3 静态吸附试验

选取清水渗透试验中的较好处理 A_1 、 A_2 、 A_3 , 增加碎石与煤渣, 以 TN、TP 吸附去除率为响应指标, 进行静态摇床吸附. 在现场污水中, 调整 TN、TP 分别为 50.00、20.00 mg/L . 分别称取 2.5 g 基质于 50 mL 离心管中, 加入的混合污水 25 mL, 在 25°C、200 $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ 下振荡, 分别于 0.5、1.5、3.0、5.0、10.0、20.0、32.0、48.0 h, 测定上清液 TN、TP. 试验设 5 个处理, 即 33.33% 紫色土 + 66.67% 河沙 (C_1)、25.00% 紫色土 + 75.00% 河沙 (C_2)、100% 潮土 (C_3)、100% 煤渣 (C_4)、100% 碎石 (C_5).

1.3.4 动态穿透试验

根据污水渗透和静态吸附试验结果, 选取较好的处理, 在常水头装置中进行动态吸附试验. 分别称取 2.2 kg 基质于常水头装置中, 静置 1 d 至均匀稳定后, 每 1 h 向基质中加入经过调整后 (TN、TP 分别为 350.00、100.00 mg/L) 的污水 600 mL, 1 h 后测定集水槽里 TN、TP 浓度, 连续测定 23 次. 试验设 6 个处理, 即 33.33% 紫色土 + 66.67% 河沙 (D_1)、25.00% 紫色土 + 75.00% 河沙 (D_2)、92.00% D_1

渗透装置中装好基质, 摇匀静置 1 d, 装置圆筒底面积为 S , 运用装置顶端的溢流管保持水头压力的恒定, 圆筒壁两点测压管间距离为 L , 待基质均匀稳定后自上而下连续进水, 让水流经介质, 在其渗流稳定

+8.00% 煤渣 (D_3)、92.00% D_2 + 8.00% 煤渣 (D_4)、92.00% D_1 + 8.00% 碎石 (D_5)、92.00% D_2 + 8.00% 碎石 (D_6)。

1.3.5 给水度试验

将基质装入给水测定装置中,静置 1 d 至均匀稳定后,打开给水阀,使水自下而上慢慢渗入基质,至顶面出现水膜为止,关闭阀门,记录给水体积 V_1 。基质中的水在重力作用下,由出水口慢慢排出,至无滴水为止,记录排水体积 V_2 。设基质体积 V ,则给水度 WFD 为:

$$WFD = \frac{V_2}{V} \times 100\% \quad (2)$$

试验设 2 个处理,即 33.33% 紫色土 + 66.67% 河沙 (E_1)、25.00% 紫色土 + 75.00% 河沙 (E_2)。

2 结果与讨论

2.1 不同基质渗透系数的测定

2.1.1 清水渗透系数

渗透系数是筛选生态土壤基质的首要条件,其目的是考察基质水力负荷。一般地,要求生态土壤基质的渗透系数大且稳定,不能直降太快^[17]。渗

透系数的稳定性可用变异系数来表示,从 8 个配比基质的渗透系数(表 2)可以看出, A_1 、 A_3 、 A_7 等 3 个处理的变异系数较大,均在 40% 左右,因此予以淘汰。渗透系数的强弱可用直线截距(初始渗透系数)来表示,从表 2 可以看出,经过稳定性筛选后留下的 5 个处理中, A_5 、 A_6 处理的截距太小,也予以淘汰。因此,综合考虑, A_2 、 A_3 、 A_8 等 3 个处理(即 25.00% 紫色土 + 75.00% 河沙、33.33% 紫色土 + 66.67% 河沙与 100% 潮土)符合基质筛选应为渗透系数大且稳定的原则,进入污水渗透系数测定。

2.1.2 污水渗透系数

鉴于清水与实际污水水质差异较大,选取清水渗透试验筛选出来的 A_2 、 A_3 、 A_8 等 3 个处理,同时添加渗透系数较好的煤渣与碎石渣,组成 9 个处理,调整现场污水,使 SS 达到 200.00 mg/L 左右,进行污水渗透系数的测定(表 3)。

与清水渗透系数一样,根据变异系数(渗透稳定性)与曲线截距(初始渗透系数),可得 B_4 、 B_5 的渗透系数较大且持续较稳定(表 4)。

2.2 不同基质静态吸附容量的测定

表 2 清水渗透系数的变异系数与拟合方程

Table 2 Coefficient of variation and fitting equation on osmotic coefficient by clean water

代号	处理	变异系数/%	拟合方程 $y = a + bx$		
			a	b	R^2
A_1	20.00% 紫色土 + 80.00% 河沙	46.27	11.5753	-1.2584	0.807
A_2	25.00% 紫色土 + 75.00% 河沙	16.81	3.6274	-0.2043	0.873
A_3	33.33% 紫色土 + 66.67% 河沙	16.67	4.5996	-0.2651	0.943
A_4	50.00% 紫色土 + 50.00% 河沙	43.37	4.1651	-0.4115	0.662
A_5	66.67% 紫色土 + 33.33% 河沙	7.62	0.8093	0.0173	0.708
A_6	75.00% 紫色土 + 25.00% 河沙	12.56	0.6431	0.0321	0.511
A_7	100% 紫色土	42.13	0.8336	-0.0835	0.735
A_8	100% 潮土	27.76	4.8583	-0.4084	0.971

表 3 渗滤基质的污水渗透系数 $\times 10^{-5}/m \cdot s^{-1}$

Table 3 Osmotic coefficient of materials by sewage $\times 10^{-5}/m \cdot s^{-1}$

时间/h	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9
4	3.909	5.348	2.172	3.711	3.960	1.172	3.583	3.598	3.460
8	3.478	4.186	2.105	3.644	3.818	1.119	3.137	3.127	3.256
12	3.101	3.876	1.913	3.633	3.683	1.089	2.903	3.127	2.768
16	2.826	3.276	1.851	3.579	3.590	1.054	2.812	3.084	2.611
20	2.784	1.956	1.804	3.542	3.485	1.053	2.632	3.088	2.495
24	2.679	2.839	1.797	3.541	3.463	1.040	2.541	3.065	2.397
28	2.594	2.688	1.736	3.527	3.415	1.029	2.467	3.058	2.330
32	2.522	2.564	1.709	3.514	3.390	1.000	2.405	3.055	2.268
36	2.360	2.460	1.686	3.499	3.340	1.012	2.351	3.046	2.214
48	2.315	2.111	1.680	3.477	3.256	0.993	2.335	3.033	2.188
60	2.209	2.053	1.590	3.457	3.159	0.978	2.132	3.029	1.996
72	2.125	1.925	1.557	3.450	3.140	0.966	2.059	3.014	1.923
84	2.105	1.823	1.529	3.426	3.098	0.956	1.999	3.007	1.864

表 4 污水渗透系数的变异系数与拟合方程

Table 4 Coefficient of variation and fitting equation on osmotic coefficient by sewage

代号	处理	变异系数/%	拟合方程 $y = ax^b$		
			a	b	R^2
B ₁	33.33% 紫色土 + 66.67% 河沙	20.01	5.281	-0.2141	0.991
B ₂	25.00% 紫色土 + 75.00% 河沙	37.03	8.903	-0.3689	0.907
B ₃	100% 潮土	10.97	2.598	-0.1189	0.976
B ₄	92.00% B ₁ + 8.00% 煤渣	2.37	3.853	-0.0264	0.986
B ₅	92.00% B ₂ + 8.00% 煤渣	7.63	4.504	-0.0838	0.991
B ₆	92.00% B ₃ + 8.00% 煤渣	6.07	1.284	-0.0671	0.988
B ₇	92.00% B ₁ + 8.00% 碎石	17.59	4.659	-0.1890	0.994
B ₈	92.00% B ₂ + 8.00% 碎石	4.95	3.585	-0.0451	0.614
B ₉	92.00% B ₃ + 8.00% 碎石	19.77	4.729	-0.2097	0.977

选取清水渗透试验中的较处理好 A₁、A₂、A₃, 增加碎石与煤渣, 进行静态摇床吸附试验, 分别计算不同时间 TN、TP 的吸附量. 拟合曲线发现 (图 3、图 4), 不同基质 TN、TP 的累积吸附量符合 Michaelis-Menten 方程:

$$y = ax/(b + x) \quad (3)$$

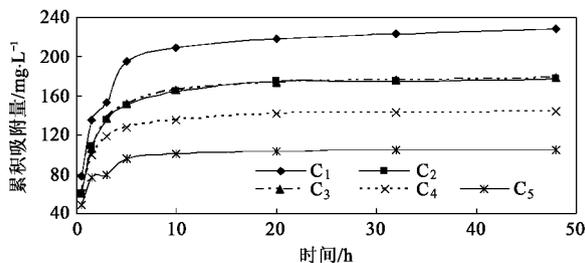


图 3 TN 的静态累积吸附量

Fig. 3 Accumulative adsorption amount of TN

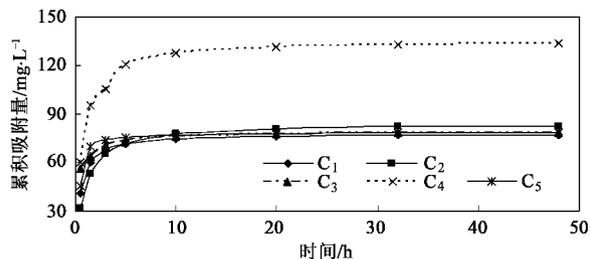


图 4 TP 的静态累积吸附量

Fig. 4 Accumulative adsorption amount of TP

其拟合参数见表 5. 参数 a 实际上反映的是吸附大小, 即最大吸附容量 (吸附潜能), 因此 TN、TP 吸附潜能最大的处理分别为 C₁ (33.33% 紫色土 + 66.67% 河沙)、C₄ (100% 煤渣), 其最大吸附容量分别为 231.577 mg/kg 和 135.154 mg/kg. 参数 b 实际上反映的是吸附快慢, 即到达最大吸附容量一半所

表 5 静态吸附容量拟合方程

Table 5 Fitting equation of adsorption amount

代号	处理	拟合方程 $y = ax/(b + x)$					
		TN			TP		
		a	b	r^2	a	b	r^2
C ₁	33.33% 紫色土 + 66.67% 河沙	231.577	1.114	0.981	77.882	0.445	0.998
C ₂	25.00% 紫色土 + 75.00% 河沙	181.437	0.993	0.998	84.171	0.861	0.998
C ₃	100% 潮土	182.705	1.037	0.999	77.551	0.219	0.928
C ₄	100% 煤渣	145.954	0.699	0.998	135.154	0.654	0.991
C ₅	100% 碎石	105.995	0.627	0.967	80.044	0.323	0.958

需的时间, 因此 TN、TP 吸附时间最快的处理均分别为 C₅ (100% 碎石渣) 和 C₃ (100% 潮土), 其最大吸附容量一半所需的时间分别为 37.62 min 和 13.14 min.

2.3 不同基质动态穿透曲线的测定

当污水连续通过处理层时, 运行初期出水中污染物几乎为 0. 随着时间的推移, 上层基质达到饱和, 处理层中发挥吸附、降解作用的区域向下移动.

处理层前端部分尚未起作用. 出水中污染物浓度仍然很低. 当处理层前沿下移至处理层底端时, 出水浓度开始超过某规定值 (一般为排放标准), 此时处理层穿透. 以后出水浓度迅速增加, 当处理层后端下移到处理层底端时, 整个处理层接近饱和, 出水浓度接近进水浓度, 此时处理层耗竭. 将出水浓度随时间变化作图, 得到的曲线即为穿透曲线 (图 5). 处理层的设计及其运行方式的选择, 在很大程度上取决于穿

透曲线. 由穿透曲线可以了解处理层负荷分布、穿透点和耗竭点. 穿透曲线愈陡, 表明吸附、降解速度愈快, 吸附、降解愈短. 理想的穿透曲线是一条垂直线, 实际上大多呈 Logistic 增长曲线.

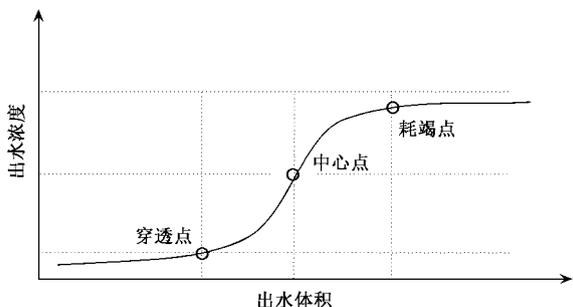


图 5 处理层穿透曲线

Fig. 5 Penetrating curve of working layer

设计进水 TN、TP 浓度分别为 350.00 mg/L 和 100.00 mg/L, 在进水 1 h 后分别测定出水 TN、TP 浓度, 将其绘制成 Logistic 曲线. Logistic 方程为:

$$y = a / (1 + be^{-kx}) \quad (4)$$

在 Logistic 曲线中, a 为曲线的渐近线, 即 $x \rightarrow \infty$ 时的最大出水浓度. 一般以 $0.5a$ 表示穿透曲线中心点, $0.1a$ 表示穿透曲线穿透点, $0.9a$ 表示穿透曲线耗竭点, $0.9a \sim 0.1a$ 表示穿透曲线穿透区域. TN、TP 的穿透曲线中心点、穿透点、耗竭点和穿透区域见表 6. 由于理想的穿透曲线是一条垂直线(穿透点与耗竭点重合, 穿透区域为 0), 实际过程中, 穿透区域越小, 基质越好. 从表 6 可以看出, 对 TN 而言, D_1 、 D_3 处理的穿透区域较小; 对 TP 而言, D_2 、 D_3 处理的穿透区域较小. 综合考虑, 选择 D_3 处理 (30.67% 紫色土 + 61.33% 河沙 + 8.00% 煤渣) 作为高速公路服务区污水生态土壤处理的配比基质.

在实际现场污水中, 强化 TN、TP 污染物, 保证

表 6 TN、TP 的穿透曲线参数

Table 6 Parameter of penetrating curve of TN and TP

污染物	处理代号	拟合方程 $y = a / (1 + be^{-kx})$				中心点 $V_{0.5a}$	耗竭点 $V_{0.9a}$	穿透点 $V_{0.1a}$	穿透区 $V_{0.9a} \sim V_{0.1a}$
		a	b	k	R^2				
TN	D_1	270.591	576.486	0.967	0.997	6.572	8.844	4.301	4.543
	D_2	297.043	115.843	0.869	0.999	5.468	7.997	2.940	5.057
	D_3	278.201	387.818	1.004	0.999	5.939	8.128	3.749	4.378
	D_4	311.196	149.232	0.909	0.998	5.507	7.924	3.089	4.834
	D_5	308.060	119.463	0.807	0.998	5.926	8.648	3.204	5.445
	D_6	357.985	62.062	0.725	0.998	5.691	8.720	2.662	6.058
TP	D_1	77.380	313.164	2.082	0.995	2.760	3.816	1.705	2.111
	D_2	70.873	1647.481	3.305	0.984	2.241	2.906	1.576	1.330
	D_3	77.609	308.007	2.167	0.990	2.645	3.659	1.631	2.028
	D_4	83.386	257.101	1.813	0.993	3.061	4.273	1.849	2.424
	D_5	74.569	273.953	2.006	0.999	2.799	3.894	1.703	2.191
	D_6	84.970	48.925	1.323	0.995	2.942	4.603	1.280	3.323

2.4 处理层湿干比的确定

2.4.1 淹水时间的确定

一般地, 淹水时间主要决定于基质在淹水期间的渗透系数变化. 要使系统有较大的处理负荷, 就得保证基质在淹水段的平均渗透系数达到最大^[17]. 分析较理想的 2 种基质 (B_4 、 B_5) 的污水渗透系数变化趋势, 以确定其淹水时间. 从图 6 可以看出, 呈现类幂指数关系 $y = 3.853x^{-0.0264}$ 、 $y = 4.504x^{-0.0838}$, 且 2 种基质的污水渗透系数趋势大致类似, 均在 24 h 左右, 渗透系数趋于平缓.

2.4.2 落干时间的确定

采用给水度试验装置, 测定生态土壤系统在污水连续投配下的给水度的动态变化, 建立给水度与时间关系的数学模型, 确定满足较高处理负荷所需

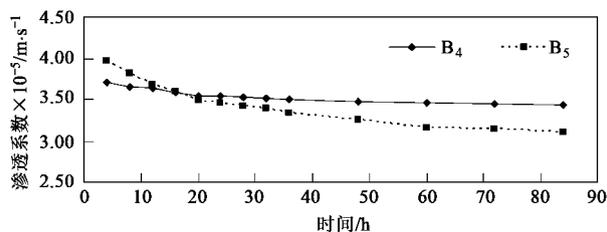


图 6 2 种基质的污水渗透系数

Fig. 6 Ostomic coefficient of two base materials

的落干时间.

试验发现, 2 个处理的给水度均符合 Michaelis-Menten 方程:

$$y = ax / (b + x) \quad (5)$$

其拟合参数见表 7. 参数 a 实际上反映的是最大给水度, 因此 E_1 和 E_2 最大给水度分别为 49.63% 和 47.92%. 参数 b 实际上反映的是给水快慢, 即到达最大给水度一半所需的时间, 因此 E_1 和 E_2 给水一

半所需的时间分别为 9.33 h 和 5.95 h. 不过, 实际操作过程中, 一般以达到最大给水度 80% 的时间为落干时间, 因此, E_1 和 E_2 的实际落干时间可以确定为 37.3 h 和 23.8 h.

表 7 2 个拟选基质给水度的拟合方程

Table 7 Fitting equation of water feed degree of different materials

代号	处理	拟合方程 $y = ax/(b+x)$			$T_{80\%} = 4b/h$
		a	b	R^2	
E_1	33.33% 紫色土 + 66.67% 河沙	49.63	9.33	0.989	37.3
E_2	25.00% 紫色土 + 75.00% 河沙	47.92	5.95	0.987	23.8

2.5 处理层水力负荷的确定

根据简单、高效原则, 以筛选的 1~2 种承托层基质和 1~2 种处理层基质进行相应的组合来构建生态土壤处理系统. 生态土壤处理层的高度直接影响到处理效果与基建投资, 我国北方的黄沙处理基质水力负荷可达 1.00 m 以上, 同时其处理层高度一般在 2.00 m 以上^[18,19], 南方以紫色土、25.00% 紫色土 + 75.00% 河沙的基质得到其水力负荷在 0.10 $m \cdot d^{-1}$ 左右, 介质高度在 0.7~1.2 m^[17]. 综合考虑, 本试验基质平均渗滤系数保证其水力负荷基本达到 0.20 $m \cdot d^{-1}$ 以上, 因此确定生态土壤系统承托层为 0.20 m 卵石 + 0.10 m 碎石, 处理层为 1.30 m 的配比基质 (30.67% 紫色土 + 61.33% 河沙 + 8.00% 煤渣). 为进一步选择优化处理层的高度, 在生态土壤处理装置距基质顶分别为 0.70、0.90、1.10、1.30、

1.60 m 处布设排水孔, 安装调控阀门.

分别依据公式(6)、(7)计算生态土处理系统的平均渗透系数 k 和平均理论水力负荷 Q :

$$k = \sum h_i / \sum \frac{h_i}{k_i} \quad (6)$$

$$Q = 86400 \times k \times \tau \quad (7)$$

式中, k 为平均渗透系数 ($m \cdot s^{-1}$), h_i 为第 i 层的高度 (m), k_i 为第 i 层基质的渗透系数 ($m \cdot s^{-1}$); Q 为平均理论水力负荷 ($m \cdot d^{-1}$), τ 为系统的垂直水力传导率系数, 一般取 0.04~0.10 (此处取平均值 0.07).

根据公式(6)、(7)计算平均渗透系数与水力负荷见表 8. 生态土壤处理系统在 1.00、1.20、1.40、1.60 m 的水力负荷分别为 0.344、0.322、0.307、0.298 $m \cdot d^{-1}$.

表 8 配比基质的水力负荷

Table 8 Hydraulic load of the materials selected

总高度/m	各层高度/m			平均渗透系数 $\times 10^{-5}/m \cdot s^{-1}$	水力负荷 $/m \cdot d^{-1}$
	处理层	碎石层	卵石层		
1.00	0.70	0.10	0.20	4.92	0.344
1.20	0.90	0.10	0.20	4.60	0.322
1.40	1.10	0.10	0.20	4.39	0.307
1.60	1.30	0.10	0.20	4.25	0.298

3 结论

(1) 重庆高速公路服务区污水生态土壤系统中处理层的配比基质为 30.67% 紫色土 + 61.33% 河沙 + 8.00% 煤渣, 承托层为 0.2 m 卵石与 0.1 m 碎石. 总高度 1.6 m, 其中 1.0、1.2、1.4、1.6 m 处的水力负荷分别为 0.344、0.322、0.307、0.298 $m \cdot d^{-1}$.

(2) 高速公路服务区污水生态土壤系统中处理层的淹水时间 1 d、落干时间 1.5 d, 即湿干比为 1:1.5.

参考文献:

[1] 陈肖飞, 林新斌. 高速公路服务区污水处理现状与对策[J].

现代交通技术, 2007, 4(1): 88-91.

[2] 杨斌. 高速公路服务区适用污水处理工艺与技术探讨[J]. 公路交通与技术, 2008, (2): 133-136.

[3] 杨斌. 某高速公路服务区污水处理工程设计[J]. 重庆工学院学报(自然科学版), 2008, 22(2): 68-70.

[4] 杨志敏, 陈玉成, 何娟, 等. 我国高速公路服务区污水水质的集对分析[J]. 三峡环境与生态, 2010, 32(5): 6-10.

[5] 饶学平. 浅谈高速公路服务区的污水处理及回用技术[J]. 浙江建筑, 2008, 25(4): 50-52.

[6] 寇继海. 关于土壤渗滤技术在净化高速公路附属区污水的应用探讨[J]. 北方交通, 2008, (3): 94-95.

[7] 陈怡. 高速公路附属设施污水处理探索[J]. 东北公路, 1996, (3): 16-18.

[8] 张国臣, 陈鸿汉, 何江涛, 等. 高速公路附属区污水人工快渗

- 处理系统技术实践[J]. 公路交通科技, 2007, (8): 188-192.
- [9] 李立新. 生态土壤深度处理技术应用于高速公路附属区生活污水处理[J]. 公路, 2006, (7): 245-248.
- [10] 高成杰, 陈鸿汉. 人工快速渗滤系统处理高速公路服务区污水[J]. 给水排水, 2007, 33(增刊): 151-154.
- [11] 孙乔宝, 甄晓云, 房锐, 等. 云南安楚高速公路沿线服务区污水生态处理组合技术研究与应用[J]. 公路交通科技, 2007, (12): 34-36.
- [12] 吴荣芳. 高速公路服务区污水生态处理技术应用实例[J]. 环境科学与技术, 2007, 30(11): 93-95.
- [13] 胡志宏, 李远广. 甘肃省高速公路服务区生活污水处理组合技术研究与设计[J]. 交通建设与管理, 2009, (9): 75-79.
- [14] 杨建刚, 童小鲁, 孔亚平. 高速公路服务区污水生态处理的“江西试验”[J]. 交通建设与管理, 2009, (9): 50-53.
- [15] 杨涛. 高速公路服务区污水处理工艺的选择与污水处理设备的管理[J]. 交通建设与管理, 2009, (9): 82-84.
- [16] 袁聚云. 土工试验与原位测试[M]. 上海: 同济大学出版社, 2004.
- [17] 姚若虚. 三峡库区人工土层快渗系统的构建及适应性研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2006.
- [18] 何江涛, 钟佐燊, 汤鸣皋, 等. 人工构建快速渗滤污水处理系统的试验[J]. 中国环境科学, 2002, 22(3): 239-243.
- [19] 李正昱, 何腾兵, 潘彩萍, 等. 人工快速渗滤系统在污水资源化中的应用研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 41-44.