

胞外聚合物 EPS 对活性污泥沉降性能的影响研究

周 健,龙腾锐,苗利利 (重庆大学城市建设与环境工程学院,重庆 400045)

摘要:对污泥负荷 N_s 、溶解氧(DO)对活性污泥中胞外聚合物 EPS 的组分、含量及污泥沉降性能的影响进行了研究;并对 EPS 对污泥沉降性能影响的作用机理进行了探讨.试验结果表明:负荷对 EPS 影响高度显著,而 DO 对 EPS 影响较小;EPS 与污泥沉降性能 SVI 相关性高;随着负荷降低, EPS 含量增加, SVI 增加.同时正交试验结果表明:污泥中 EPS 的含量高低主要由负荷决定,并得出 N_s 、DO 对 EPS 及 SVI 的影响模式.此外,根据有关试验结果分析了在低负荷时易发生污泥膨胀的原因.

关键词:污泥沉降性能;EPS;负荷;DO

Effect of extracellular polymeric substances (EPS) on sedimentation of activated sludge

ZHOU Jian, LONG Tengrui, MIAO Lili (Faculty of Urban Construction and Environment Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045)

Abstract: The effect of loading rate (N_s) and dissolved oxygen (DO) on composition, content of extracellular polymeric substances (EPS) and sedimentation performance of activated sludge were studied. Results showed that N_s significantly affected EPS and, the effect of DO on EPS was negligible. As N_s reducing, the content of EPS and SVI increased and they were significantly correlated each other. On the other hand, results of orthogonal experiment indicated that the factor controlling the content of EPS was N_s , and the mode of N_s and DO affecting EPS and SVI was deduced. In addition, according to experiment results, the causes of sludge bulking at low loading rate could be as follows: the EPS was more, moreover a part of EPS might be the nutriment of filamentous bacteria and promoted filamentous bacteria increase.

Keywords: Sedimentation performance of sludge; EPS; loading rate; DO

微生物产生的 EPS (Extracellular Polymeric Substances) 主要成分是一些不同类型的高分子物质,如多糖、蛋白质、核酸等聚合物^[1], EPS 填充并且形成了细菌之间的空间,形成了絮凝体的结构;EPS 是生物絮体的主要组成部分, EPS 占活性污泥中总有机物的比例大致在 50% ~ 90% 之间^[2],絮体中总的 EPS 质量占活性污泥质量的 80% 左右^[3], EPS 被认为是决定絮凝体物理化学性质和生物性质的关键物质.微生物被 EPS 包埋在里面.因此, EPS 为固着的细胞创造了一个由其本质所决定的微生物环境.特别是直接覆盖于细菌细胞壁外的 CEPS,其特殊的位置决定着它的成分及数量必然影响着污泥的表面特性、生物絮凝、沉降性能及脱水性能等,在活性污泥中具有重要作用.

有关研究表明^[4] EPS 的存在不利于污泥沉降, EPS 的主要成分蛋白质、糖类、DNA 含量都与 SVI 成正比关系,沉降性能恶化与高浓度 EPS 有关;SVI 随多糖物质增加而增加;对于 EPS 对污泥沉降性能影响的研究,主要集中在 EPS 对污泥表面电荷的影响研究上,如 Magara^[3] 发现

收稿日期:2003-09-02;修订日期:2003-12-16

基金项目:国家自然科学基金重点项目(59838300);重庆市应用基础研究项目(7279)

作者简介:周 健(1964—),女,副教授, zhoujiannt @sohu.com

随着 EPS 浓度增大,污泥电泳迁移率增大,沉降性能下降. Forster 报道^[5]:当 EPS 含量过高,导致污泥表面电负性足够大时,会由于絮体间斥力导致沉降性能恶化,污泥表面的 Zeta 电位直接与 SVI 相关,随 Zeta 电位增加 SVI 升高. 但 Chao 的研究则认为:SVI 从 100 变到 725,而污泥表面的 Zeta 电位几乎无变化. 同时 Barber 对 28 家污水厂的污泥进行研究表明:SVI 与污泥表面的 Zeta 电位关系不明显. 上述研究表明, EPS 对污泥沉降性能有影响,但对于 EPS 对污泥表面电荷是否有影响,由于各种研究结果的相互矛盾,还有待于进一步探讨.

然而,众多的工程实践表明,污泥沉降性能的恶化与微生物的生理活动有关,是由于丝状菌异常增殖造成的;但是,目前对于 EPS 对丝状菌的影响未见报道. 对此,本文主要对污泥负荷及溶解氧对 EPS 的组分、含量及污泥沉降性能的影响进行研究,并对 EPS 对污泥沉降性能影响的作用机理进行探讨,寻求活性污泥沉降性能变化的深层原因.

1 试验装置及方法

1.1 试验装置

反应器由有机玻璃制作,采用曝气-沉淀一体化装置,曝气区有效容积 15L,由充氧泵充氧,进水由高位水箱进入反应器.

1.2 试验方法

1.2.1 污泥负荷对 EPS 及沉降性能的影响研究 采用 4 个反应器进行平行对比试验,试验污水采用校区生活污水,控制其污泥负荷 N_s 分别在 0.3, 1, 2 和 3 $\text{kg} \cdot (\text{kg} \cdot \text{d})^{-1}$,各反应器进水水质 $\text{COD} = 200 \sim 880 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{BOD}_5 = 112 \sim 335 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{SS} = 103 \sim 375 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{MLSS} = 2.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{DO} = 2 \sim 3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH} = 7.34$,水温 18 $^{\circ}\text{C}$;各反应器水力停留时间 HRT 分别为 90 min, 70 min, 50 min, 30 min. 试验期间测试 SV、SVI、EPS、进出水 COD、 BOD_5 及 SS 等指标. 采用离子交换树脂提取 EPS 并测定其成份多糖、DNA、蛋白质^[6].

1.2.2 DO 对 EPS 及沉降性能的影响研究 采用 3 个反应器进行平行对比试验,控制其 DO 分别在 0.5, 2.2 和 4.2 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$,各反应器进水水质 $\text{COD} = 630 \sim 815 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{BOD}_5 = 191 \sim 312 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{SS} = 273 \sim 356 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $Q = 300 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$, $\text{MLSS} = 2.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, $N_s = 3 \text{ kg} \cdot (\text{kg} \cdot \text{d})^{-1}$, $\text{HRT} = 50 \text{ min}$, $\text{pH} = 7.42$,水温 19 $^{\circ}\text{C}$. 试验期间测试 SV、SVI、进出水 COD、 BOD_5 、SS 等指标,采用离子交换树脂提取 EPS 并测定其成份多糖、DNA、蛋白质^[6].

1.2.3 DO、污泥负荷 N_s 对 EPS 及沉降性能的综合影响研究 采用正交试验的方法,选用 2 因素 2 水平回归正交表 $L_4(2^3)$,将污泥负荷 N_s 及溶解氧 DO 列为影响因素,试验因素水平见表 1,正交试验安排见表 4,试验的考察指标采用 EPS 及 SVI,采用离子交换树脂提取 EPS 并测定其成份多糖、DNA、蛋白质^[6].

表 1 因素水平表

Table 1 Level of factors

试验因素	$N_s/(\text{kg} \cdot (\text{kg} \cdot \text{d})^{-1})$	$\text{DO}/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$
上水平 +1	3.0	3.8
下水平 -1	0.5	0.2

1.2.4 EPS 对沉降性能影响的机理初探 通过 EPS 的可生物降解性试验和对不同负荷反应器的微生物镜检,考察 EPS 对沉降性能影响的作用机理.

微生物对 EPS 的生物降解试验,采用从活性污泥中提取的浓度为 174 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 EPS,加入处于内源呼吸期的活性污泥中,根据测定试验污泥的 OUR 为 0.09 $\text{g} \cdot (\text{kg} \cdot \text{h})^{-1}$;曝气反应 7 h, MLSS 为 3.5 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH} = 7.28$ 、水温 18 $^{\circ}\text{C}$. 分别于

0, 0.5, 1, 2, 3, 5, 7 h 时, 取样测定 COD 及 EPS 中的多糖及 DNA 的变化。

2 试验数据及分析

2.1 污泥负荷对 EPS 及沉降性能的影响

本试验共进行了 40d, 各反应器在 40d 内的污泥沉降性能变化见图 1。污泥负荷对 EPS 及沉降性能的影响见表 2、图 2、图 3。

由图 1 和图 2 可知: 在试验期间, 当污泥负荷由 0.3

表 2 污泥负荷对 EPS、SVI 影响试验结果

Table 2 Influence of loading rate on EPS and SVI

负荷/ (kg · (kg · d) ⁻¹)	SVI/ (mL · g ⁻¹)	EPS/ (mg · g ⁻¹)	DNA/ (mg · g ⁻¹)	蛋白质/ (mg · g ⁻¹)	多糖/ (mg · g ⁻¹)
0.3	86 ± 2	23.4 ± 2.5	8.02 ± 1.00	3.76 ± 0.50	11.6 ± 1.00
1	72 ± 4	19.6 ± 2.0	7.06 ± 0.70	3.58 ± 0.30	8.92 ± 1.00
2	60 ± 2	15.8 ± 1.5	5.54 ± 0.50	2.47 ± 0.20	7.79 ± 0.80
3	49 ± 3	14.5 ± 1.5	5.21 ± 0.50	2.39 ± 0.20	6.92 ± 0.80

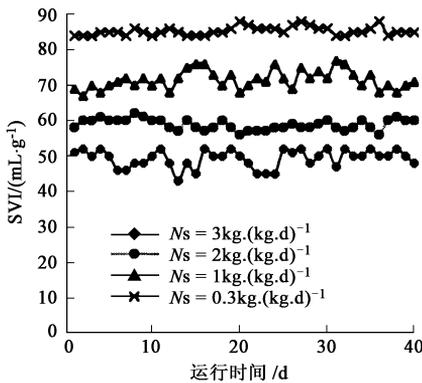


图 1 负荷对污泥沉降性能的影响曲线

Fig. 1 Influence of loading rate on sedimentation performance

增加到 3 kg · (kg · d)⁻¹ 时, 反应器的 SVI 由 80 左右减少至 50 左右, 经测定其体积密度由 11.9 g L⁻¹ 增加至 20.9 g L⁻¹; 而污泥中的胞外聚合物 EPS 由 23.4 mg g⁻¹ 减少至 14.5 mg g⁻¹, 多糖由 11.6 mg g⁻¹ 减少至 6.92 mg g⁻¹, 约减少 40% 左右。并且随着负荷的减少, 胞外聚合物 EPS 及其中的 DNA、多糖含量增加, SVI 增高, 根据试验结果对 SVI 与 EPS 作相关性分析, 见图 3, 结果表明: SVI 与 EPS 显著相关, 并成线性正相关。同时, 通过微生物镜检观察到随着负荷的减少污泥中丝状菌明显增加, 少量伸出絮体外。上述试验结果表明: 高负荷污泥的沉降性能优于低负荷污泥。

2.2 DO 对 EPS 及污泥沉降性能的影响

本试验共进行 30 d, 各反应器的 SVI 值变化见图 4。DO 对 EPS 的影响见表 3、图 5。从图 4 可知: 在高负荷条件下, 虽然各反应器的 DO 浓度从 0.5 mg L⁻¹ 增加到 4.2 mg L⁻¹, 但 SVI 从 41

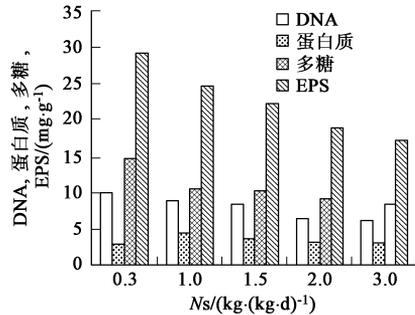


图 2 负荷对污泥 EPS 成分及含量影响

Fig. 2 Influence of loading rate on component and content of EPS

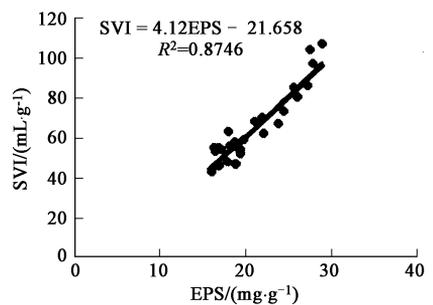


图 3 SVI 与 EPS 相关性分析

Fig. 3 Correlation analysis of SVI

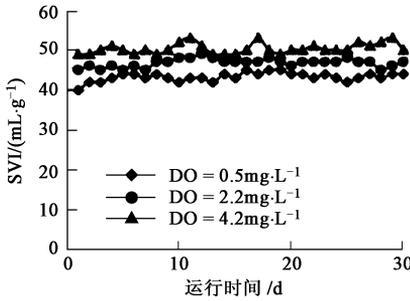


图 4 DO 对污泥沉降性能的影响曲线

Fig. 4 Influence of DO on sedimentation performance

表 3 DO 对 EPS、SVI 影响试验结果

Table 3 Influence of DO on EPS and SVI

DO/ (mg L ⁻¹)	SVI/ (mL g ⁻¹)	EPS/ (mg g ⁻¹)	DNA/ (mg g ⁻¹)	蛋白质/ (mg g ⁻¹)	多糖/ (mg g ⁻¹)
0.5	42 ±1	16.1 ±1.6	5.28 ±0.40	2.05 ±0.20	8.73 ±1.00
2.2	47 ±2	17.9 ±1.9	6.28 ±0.50	2.66 ±0.40	8.94 ±1.00
4.2	51 ±2	19.4 ±2.0	6.98 ±0.5	3.11 ±0.50	9.33 ±1.00

糖含量有少量增加。

2.3 DO、污泥负荷 N_s 对 EPS 及沉降性能的综合影响研究

正交试验结果及一次回归正交设计计算及方差分析见表 4。

表 4 正交试验结果、一次回归正交计算及方差分析表

Table 4 The table of experiment result , orthogonal regression calculating and variance analysis

试验序号	X_0	$X_1 (N_s)$	$X_2 (DO)$	$X_1 X_2$	试验结果/(mg g ⁻¹)								合计 $Y_i =$	差值 $Y_{ii} =$
					第一次试验				第二次试验					
					DNA	蛋白质	多糖	$Y_{i1} (EPS)$	DNA	蛋白质	多糖	$Y_{i2} (EPS)$		
试验 1	1	1	1	1	6.98	3.09	9.33	19.40	6.22	3.78	10.30	20.30	39.70	0.90
试验 2	1	1	-1	-1	5.28	2.05	8.73	16.06	5.98	3.09	10.00	19.07	35.13	3.01
试验 3	1	-1	1	-1	11.80	3.90	13.90	29.60	10.2	3.68	15.10	28.98	58.58	0.62
试验 4	1	-1	-1	1	9.70	2.45	13.30	25.45	9.01	3.09	12.60	24.70	50.15	0.75
$B_j =$	XY	183.56	-33.90	13.00	-3.86									
$b_j = B_j/(4 \times 2)$		22.94	-4.24	1.63	-0.48									
$Q_j = b_j B_j$			143.74	21.13	1.85									
$F = Q_j/(S_{\text{误}}/f_{\text{误}})$			106.47	15.65	1.37									
显著性 ($\alpha=0.01$)			高度显著	显著	不显著									

试验序号	X_0	$X_1 (N_s)$	$X_2 (DO)$	$X_1 X_2$	试验结果(SVI)				合计 $Y_i = Y_{i1} + Y_{i2}$	差值 $Y_{ii} = Y_{i1} - Y_{i2} $
					$Y_{i1} (SVI)$		$Y_{i2} (SVI)$			
					$Y_{i1} (SVI)$	$Y_{i2} (SVI)$	$Y_{i1} (SVI)$	$Y_{i2} (SVI)$		
试验 1	1	1	1	1	54	58	112	4		
试验 2	1	1	-1	-1	48	52	100	6		
试验 3	1	-1	1	-1	92	96	188	4		
试验 4	1	-1	-1	1	75	77	152	2		
$B_j =$	XY	532	-128	48	-24					
$b_j = B_j/(4 \times 2)$		69	-16	6	-3					
$Q_j = b_j B_j$			2048	288	72					
$F = Q_j/(S_{\text{误}}/f_{\text{误}})$			227.55	32	8					
显著性 ($\alpha=0.01$)			高度显著	显著	不显著					

注: $S_{\text{误}} = 0.5 \times (Y_{i1} - Y_{i2})^2$, $f_{\text{误}} = N \times (M - 1) = 4 \times (2 - 1) = 4$; $EPS = 22.94 - 4.24 X_1 + 1.63 X_2$, $X_1 = (N_s - 1.75) / 1.25$, $X_2 = (DO - 2) / 1.8$, $EPS = 27.07 - 3.39 N_s + 0.9 DO$; $SVI = 69 - 16 X_1 + 6 X_2$, $X_1 = (N_s - 1.75) / 1.25$, $X_2 = (DO - 2) / 1.8$, $SVI = 84.74 - 12.8 N_s + 3.33 DO$

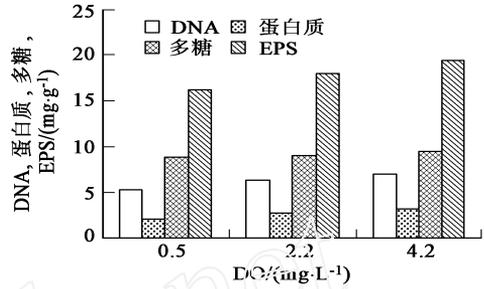


图 5 DO 对污泥 EPS 成分及含量影响

Fig. 5 Effect of DO on component and content of EPS

上升至 52, SVI 无明显变化, 均在 60 以下, 污泥的沉降性能良好; 同时, 表 3 的试验结果表明: 当反应器以高负荷运行时, 污泥中 EPS 含量较少; 但随着 DO 增加, 污泥中的 EPS 及其中的 DNA、多糖

经统计计算,可得如下回归方程:

$$\text{EPS} = 27.07 - 3.39N_s + 0.9\text{DO} \quad (1)$$

$$\text{SVI} = 84.74 - 12.8N_s + 3.33\text{DO} \quad (2)$$

由方差分析可知,方程(1)、(2)的相关性是高度显著的;并且 SVI、EPS 与污泥负荷 N_s 相关性高度显著,与 DO 相关性显著,其值大小受两因素综合影响,但负荷决定了 EPS 的高低及沉降性能,DO 影响较小。当污泥负荷 N_s 低时, EPS 高, SVI 高。上式能较好地解释反应器在低有机负荷时易发生污泥沉降性能恶化,以及 AB 法 A 段在高负荷、低 DO 时沉降性能良好的原因;并且上式表明,提高有机负荷能有效地控制 EPS 及 SVI,该方程对改善实际反应器沉降性能有一定的意义。

2.4 EPS 对沉降性能影响的机理初探

由图 6 和图 7 可知,当在反应器中加入提取的 EPS 后,在 1h 内, COD 及 EPS 中的多糖、DNA 浓度下降,可以认为处于营养贫乏,饥饿状态的活性污泥微生物,将 EPS 作为基质,对 EPS 中可生物降解的部分进行代谢;但在随后的 1~2h 内,溶液中 COD、多糖及 DNA 浓度又升高,分析认为这可能是 EPS 中可生物降解的基质耗尽后,细菌通过分泌和自溶产生了新的不易生物降解的 EPS,使溶液中 COD、多糖及 DNA 浓度升高;而 2h 后, COD、多糖及 DNA 浓度又降低,分析认为这是因为胞外酶对部分不易生物降解的 EPS 水解后,转化为可生物降解物质的结果。试验表明, EPS 是可以被生物降解的,而并非生物惰性物质;并且有关对 EPS 中糖成份的研究结果表明^[7],污泥中葡萄糖含量占总糖含量的 66.5%, EPS 中葡萄糖含量占总糖含量的 34.9%,在污泥及 EPS 中,含有较多易生物降解的成分。

另一方面,由于目前对于丝状菌增殖尚无适宜的计量方法,本试验主要通过微生物镜检来观察丝状菌的变化,镜检结果表明,随着负荷的降低,丝状菌明显增多。

根据上述试验结果,笔者分析认为:从微生物絮体的微环境看,微生物可利用的基质一方面由进水带入,另一方面来源于 EPS;生物絮体中的细菌主要利用进水带入的基质进行代谢合成,而作为骨架的丝状菌可能利用附着在其上的部分可生物降解的 EPS 作基质,尤其是其多糖中的葡萄糖等进行代谢。

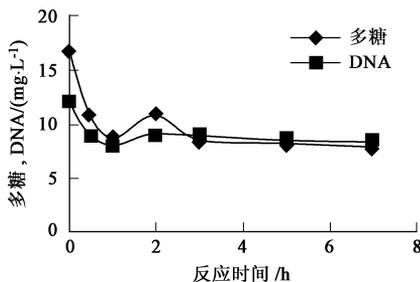


图 6 生物降解 EPS 中多糖及 DNA 变化曲线

Fig. 6 Change curve of polysaccharide and DNA in EPS during biodegradation

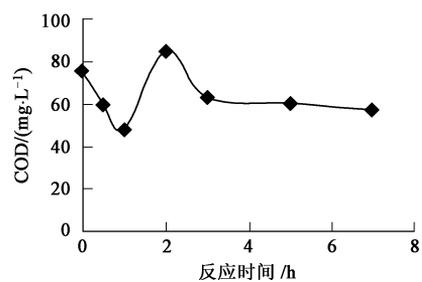


图 7 生物降解 EPS 时溶解性 COD 变化曲线

Fig. 7 Change curve of dissolvable COD in EPS during biodegradation

当负荷较高时,细菌增殖速率高,细菌数量多,细菌占优势;此时细菌分泌的 EPS 少,多糖含量低,丝状菌可利用的基质少;加之高负荷污泥的泥龄短,而丝状菌世代周期长,故无法成为

优势菌种;因此,高负荷污泥的生态环境不利于丝状菌增殖。

随着负荷降低,细菌可利用的基质减少,增殖速率降低,细菌数量逐渐减少,活性降低。但在低基质浓度条件下,由于丝状菌的 μ_{\max} 和 K_s 比细菌小^[8],丝状菌增殖速率高;此时由于细菌的分泌和自溶使低负荷污泥中 EPS 含量较高,其中细菌自溶释放出部分胞内 EPS,这可由 EPS 中 DNA 含量随负荷降低而增高得到证明(图 2);同时图 2 表明,低负荷时污泥 EPS 中多糖、DNA 及蛋白质的含量较高,EPS 中的大分子物质可以通过胞外酶的水解转化成为葡萄糖、氨基酸等可生物降解的小分子物质(图 6),而被丝状菌利用。因此,分析认为,在低负荷污泥中,作为骨架的丝状菌优先利用了部分可生物降解的 EPS 作基质而增殖,这可能是低负荷时易发生污泥膨胀的重要原因。

3 结论

1) EPS 与 SVI 具有明显的正相关性, $SVI = 4.12EPS - 21.658$;负荷对 EPS 影响显著,随着负荷降低, EPS 含量增加, SVI 增加;但随着 DO 增加, EPS 增加较少,对 SVI 影响不大。

2) 正交试验结果表明:负荷决定了 EPS 含量的高低及污泥的沉降性能,而 DO 影响较小,其影响模式为: $EPS = 27.07 - 3.39Ns + 0.9DO$, $SVI = 84.74 - 12.8Ns + 3.33DO$ 。

3) 低负荷污泥的 EPS 及其中的多糖含量较高,并且部分可以被生物降解,使 EPS 对丝状菌的生长产生影响,这可能是低负荷时易发生污泥膨胀的重要原因。

参考文献:

- [1] Melaniel Brown J N Lester. Metal removal in activated sludge the role of bacterial extracellular polymers[J]. Wat Res, 1979, 13(1) : 817—837
- [2] Urbainetal V. Bioflocculation in activated sludge: an analytic approach[J]. Wat Res, 1993, 27(5) : 829—838
- [3] Magara Y, Numbu S, Utosawa K. Biochemical and physical properties of an activated sludge on settling characteristics[J]. Wat Res. 1986, 10(1) : 71—77
- [4] Forster C F, Dallas Newton J. Activated sludge on settlement some suppositions and suggestion[J]. Wat Pollut Control, 1980, 79(3) : 338—351
- [5] Forstor C F. Factors involved in the settlement of activated sludge— nutrients and surface polymers[J]. Water Res, 1985, 19(10) : 1259—1264
- [6] Bo Frolund. Extraction of extracellular polymers from activated sludge using a cation exchange resin[J]. Water Res, 1996, 30(8) : 1749—1758
- [7] Dignac M F. Chemical description of extracellular polymers: implication on activated sludge floc structure[J]. Wat Sci Tech, 1998, 38(8) : 45—55
- [8] 许保玖,龙腾锐.当代给水与废水处理原理 [M].北京:高等教育出版社,2000

文章编号: 0253-2468(2004)04-0607-06

中图分类号: X522

文献标识码: A

黄河沉积物对稀土元素的吸附特性研究^{*}

何 江¹, 米 娜¹, 匡运臣², 樊庆云², 王 霞², 李朝生³, 王新伟⁴,
关 伟¹, 李桂海¹

(1. 内蒙古大学生态与环境科学系, 呼和浩特 010021; 2. 包头市环境监测站, 包头 014030; 3. 中国林科院林业研究所, 北京 100091; 4. 石油大学(北京)资源与信息学院, 北京 102249)

摘要:针对自然水体的实际情况,开展了黄河沉积物对 La^{3+} 、 Ce^{3+} 、 Nd^{3+} 、 Sm^{3+} 等 4 种离子的吸附竞争及其特性研究. 结果表明,在较宽的初始浓度范围内 ($2 \sim 11 \text{ mg L}^{-1}$), 4 种离子之间处于弱吸附竞争或无吸附竞争状态;当初始浓度较高,泥沙浓度较低时,4 种离子之间的竞争吸附才得以体现,此时有 $\text{Sm}^{3+} > \text{Nd}^{3+} > \text{La}^{3+} > \text{Ce}^{3+}$ 的初步吸附竞争能力序列;黄河沉积物对 4 种离子的吸附受控于 pH 值,随 pH 的增加 4 种离子吸附量逐渐增大,但弱碱性或碱性更有利于吸附;当初始浓度较低 ($< 11 \text{ mg L}^{-1}$) 时,主要环境因子对 4 种离子的吸附竞争影响均不明显;当初始浓度较高 ($> 11 \text{ mg L}^{-1}$) 时,各环境因子对 4 种离子的吸附竞争均有显著影响,总体上,降低离子强度、去除有机质、减小颗粒物粒度,均使 Sm^{3+} 、 Nd^{3+} 、 La^{3+} 等 3 种离子与 Ce^{3+} 表现不同的吸附行为.

关键词:黄河;沉积物;稀土元素;吸附竞争

Study on the adsorption characteristics of REE on the Yellow River sediment

HE Jiang¹, MI Na¹, KUANG Yunchen², FAN Qingyun², WANG Xia², LI Chaosheng³, WANG Xinwei⁴,
GUAN Wei¹, LI Guihai¹ (1. Department of Ecology and Environment Science, Inner Mongolia University, Huhhot 010021; 2. Baotou Environmental Monitoring Center, Baotou 014030; 3. Institute of Forest, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091; 4. College of Resource and Information, Beijing University of Petroleum, Beijing 102249)

Abstract: La^{3+} , Ce^{3+} , Nd^{3+} , Sm^{3+} and sediments were taken as the adsorbate and sorbent respectively and experiments were carried out under conditions similar to those of the Baotou section of the Yellow River. Competitions among cations, adsorption characteristics, as well as factors that affect adsorption were studied. The experimental results show that competition among La^{3+} , Ce^{3+} , Nd^{3+} and Sm^{3+} is not significant when the initial concentration of adsorbents are lower ($2 \sim 11 \text{ mg L}^{-1}$) and it become evident when higher initial concentration ($11 \sim 20 \text{ mg L}^{-1}$) and low content of adsorbate were applied (5 g L^{-1}). The experiments give a competition capacity order of $\text{Sm}^{3+} > \text{Nd}^{3+} > \text{La}^{3+} > \text{Ce}^{3+}$. The adsorption is pH-dependent and increases with increasing pH. Adsorption is favorable under alkaline and weak alkaline conditions. Under lower initial concentration, influences of the major environmental factors on adsorption is not obvious. However when the initial concentrations are higher, the influences of environmental factors on adsorption become significant. In general, lower ion strength, removal of organic matter, and reduce the particle size will result in the different adsorption behaviors of Sm^{3+} , Nd^{3+} , La^{3+} from that of Ce^{3+} .

Key words: the Yellow River; sediment; rare earth elements; adsorption competition

开展稀土元素在天然沉积物中吸附特性的研究,对了解稀土元素在水-固界面间的作用机制及评价天然水体中稀土元素的生物有效性和生态影响等都具有重要意义.目前,有关稀土元素吸附作用的实验研究多集中于单一稀土元素的吸附特性方面^[1~6],而关于天然沉积物与多

收稿日期:2003-07-11;修订日期:2003-11-30

基金项目:内蒙古自然科学基金(200308020104);内蒙古人才开发基金;内蒙古“111工程”基金

作者简介:何江(1958—),男,教授(博士生导师),ndjhe@imu.edu.cn