

含盐废水生化处理耐盐污泥驯化的研究

常丽丽, 魏俊峰

(大连大学环境与化学工程学院, 辽宁大连 116622)

[摘要] 对两种活性污泥, 即高盐环境的海边污泥和普通废水处理厂的污泥进行了耐盐污泥对比驯化研究。结果表明: 经过一定时间的驯化, 两种污泥都可以驯化成具有高降解性能的耐盐污泥, 且都能有效地处理含盐废水。驯化后海边污泥在 NaCl 质量浓度为 35 000 mg/L, COD_C 容积负荷为 1.8 kg/(m³·d) 时, 出水 COD_C 去除率可达到 97% 以上; 而普通污泥在 NaCl 质量浓度为 15 000 mg/L, COD_C 容积负荷为 1.55 kg/(m³·d) 时, 出水 COD_C 去除率可达到 94% 以上。同时对两种污泥在驯化过程中的驯化特点、生物学过程及系统的抗冲击性能进行了比较研究。与普通污泥相比, 海边污泥具有驯化期短、耐冲击性能强等特点。

[关键词] 含盐废水; 生化处理; 活性污泥; 污泥驯化

[中图分类号] X505; X703.1 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1005-829X(2009)12-0034-04

Acclimation of salt-tolerant sludge for the biochemical treatment of salt-containing wastewater

Chang Lili, Wei Junfeng

(College of Environmental and Chemical Engineering, Dalian University, Dalian 116622, China)

Abstract: The acclimation research of two kinds of activated sludge, one of which is from the coast and the other is from the common wastewater treatment plant, has been compared. The results show that after proper acclimation, salt-tolerant sludge with high degradation capacity can be formed from these two kinds of sludge, and can be used for treating salt-containing wastewater effectively. In the biological treatment process, when the NaCl concentration of the sludge from the coast is 35 000 mg/L, its COD_C volumetric loading is 1.8 kg/(m³·d), and COD_C removal rate of the effluent water is above 97%; while by contrast with common sludge, the NaCl concentration is 15 000 mg/L, the COD_C volumetric loading is 1.55 kg/(m³·d), and effluent COD_C removal rate is above 94%. At the same time, the characteristics of acclimation process, the biologically evolutionary process and the anti-shock performance of the two kinds of sludge are compared. Compared with the common sludge, the seaside sludge has the characteristics of short acclimation period, strong anti-shock performance and so on.

Key words: salt-containing wastewater; biochemical treatment; activated sludge; acclimation of sludge

(2) 对 PAM/AMPS/DMDAAC 结构进行红外光谱和透射电镜表征, 表明 PAM/AMPS/DMDAAC 链节上含有季铵盐和磺酸盐基团, 分子呈现长链结构, 分子链刚性好, 交联现象少。

[参考文献]

- [1] 袁宗宣, 郑怀礼, 舒型武. 絮凝科学与技术进展[J]. 重庆大学学报, 2001, 24(2): 143-147.
- [2] 王杰, 肖锦, 詹怀宇. 两性高分子水处理剂的研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2000, 1(3): 14-18.

- [3] 吕生华, 马建中, 吕庆强, 等. 二甲基二烯丙基氯化铵与丙烯酰胺共聚物的结构表征与应用[J]. 精细化工, 2000, 17(7): 386-387.
- [4] 常青, 陈野, 韩相恩, 等. 聚二甲基二烯丙基氯化铵的合成及水处理絮凝效果研究[J]. 环境科学学报, 2000, 20(2): 168-172.
- [5] Kazantsev O A, Shorshin K V, Kazakov S A, et al. Synthesis of *N*-(dialkylaminomethyl) meth acrylamides by the mannich reaction aqueous solutions [J]. Russian Journal of Applied Chemistry, 1999, 72(1): 152-155.

[作者简介] 程建华(1976—), 讲师, 博士, 从事水处理药剂的研究和开发。电话: 020-38743652, E-mail: jicheng@scutedu.cn.

[收稿日期] 2009-07-27(修改稿)

通常认为,含盐质量分数>1%的废水会对生化处理系统产生影响^[1-3],因为高含量无机盐会对微生物产生明显的毒害抑制作用。因此,通过培养驯化,提高微生物对盐度的适应能力和抗冲击性能,是含盐废水生化处理的重要前提。在接种污泥的选择上,目前大多数研究者选择对普通淡水污泥进行驯化^[4-5],也有少数学者选择对高浓度含盐废水排放口处的污泥进行驯化,或者通过在普通污泥中加入嗜盐菌进行驯化^[6],但却很少有对不同接种污泥进行对比驯化的研究。笔者通过对普通污泥和海边污泥的对比驯化,研究了两种污泥在驯化过程中不同的生物学变化,以及驯化后对含盐废水的处理效果,比较了两种驯化后污泥的不同特点。

1 试验部分

1.1 试验材料

试验废水为人工配制废水。废水盐度以 NaCl 计,根据试验进程添加粗盐,葡萄糖提供碳源,并按 $m(C):m(N):m(P):m(K)=100:5:1:2$ 投加硫酸铵(N源)、磷酸二氢钾(P和K源)、氯化钾(K源),并以 NaOH 调节废水 pH 为 7.5 左右。

试验选择两种接种污泥,一为普通污水处理厂二沉池中污泥,污泥质量浓度为 4 000 mg/L 左右;另一接种污泥为海边养殖场中的天然污泥。经数次洗涤后弃去沙石,取上层悬浮液,其质量浓度约为 4 000 mg/L。

1.2 试验装置

试验反应装置如图 1 所示。

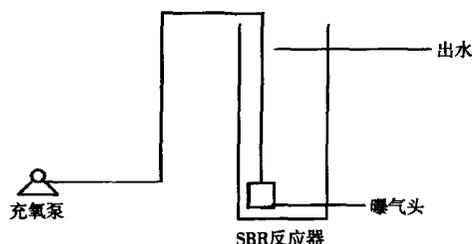


图 1 反应装置

生化反应器为有机玻璃制作的 SBR 反应器,有效高度为 70 cm,内径为 19 cm,有效容积为 10 L。图 1 所示的反应器有两套,1 号、2 号 SBR 反应器分别进行普通污泥与海边污泥的驯化试验。

驯化试验的一个周期分为五个阶段,即进水、曝气、沉淀、排水(排泥)及闲置阶段,时间为 24 h。进水采用顺时进水方式,初次进水 10 L,以后每次进水 3 L 以补充前一天的排水,并根据驯化进水中

NaCl 和有机物的浓度,用充氧泵曝气,曝气时间为 8 h,经过 4 h 充分沉淀,排水 3 L(视驯化过程中污泥的增长情况,定期进行排泥)。此后 SBR 反应器进入闲置期。

1.3 试验方法

1.3.1 污泥的驯化方法

对普通污水处理厂二沉池中的污泥,为避免突然提高盐和有机物浓度对污泥中微生物造成冲击和毒害,试验中采用交替逐渐增加盐和有机物浓度的驯化方法。在驯化的过程中视出水中 COD_C 去除率和污泥驯化情况改变进水中盐和有机物的浓度。

对海边养殖场中的天然污泥,考虑到海水中 NaCl 质量浓度为 35 000 mg/L 左右,驯化过程中,将反应器进水中 NaCl 质量浓度固定为 35 000 mg/L。根据出水 COD_C 去除率及污泥驯化情况,逐渐增加进水有机物浓度。

1.3.2 分析项目和测试方法

采用文献[7]的方法对污泥沉降比、SVI 进行测定;采用 JPB-607 型溶解氧自动测定仪进行 DO 测定;采用重铬酸钾法,将水样经硫酸银充分沉淀 Cl^- 以消除干扰后,进行 COD_C 测定^[8]。

2 结果与讨论

2.1 污泥驯化结果

按 1.3.1 污泥的驯化方法,进行两种不同的接种污泥试验,考察 2 个反应器中 COD_C 去除率和 COD_C 容积负荷随时间的变化,结果如图 2、图 3 所示。

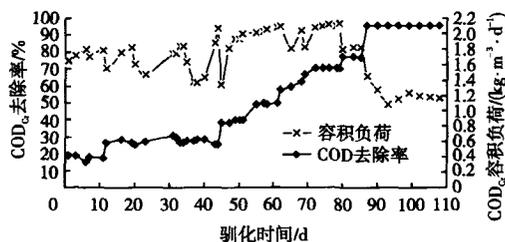


图 2 1 号反应器内 COD_C 和 COD_C 容积负荷随驯化时间的变化

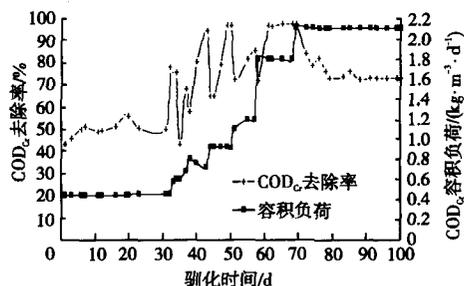


图 3 2 号反应器内 COD_C 和 COD_C 容积负荷随驯化时间的变化

由图 2、图 3 可知,经过一段时间后,两种污泥都可以驯化出耐高浓度盐并对有机物具有良好降解性能的耐盐污泥。在驯化普通污泥的 1 号反应器中,在进水 NaCl 质量浓度为 15 000 mg/L, COD_G 容积负荷为 1.55 kg/(m³·d) 的条件下(驯化第 72 天至第 79 天),其 COD_G 去除率在 94% 以上,最大值达到 97%;在海边污泥所处的 2 号反应器内,在进水 NaCl 质量浓度为 35 000 mg/L, COD_G 容积负荷为 1.8 kg/(m³·d) 条件下(驯化第 61 天到第 69 天),其 COD_G 去除率稳定在 97% 以上。在驯化的过程中,几乎每次增加进水中盐的浓度和有机物浓度时,反应器中的出水 COD_G 去除率都会下降,但经过几天驯化稳定后,出水 COD_G 去除率又得到恢复。

由图 3 可知,2 号反应器内的整个驯化过程中,在驯化初期(前 30 天)COD_G 去除率较低,只有 50% 左右,这可能是因为 2 号反应器中的污泥取自海边,污泥中能用于处理废水的微生物较少。但随着驯化的进行,反应器中污泥浓度上升,微生物种类增多,出水 COD_G 去除率也呈上升趋势。到驯化试验的后期,进水中有机物质量浓度提高到 2 100 mg/L,出水 COD_G 去除率下降,最后保持在 73% 左右。与 1 号反应器相比,当系统中有有机物浓度都提高到 2 100 mg/L 时,经过稳定后,2 号反应器出水中 COD_G 的去除情况略好一些。可见,对于较高有机物浓度的含盐废水,在高盐环境中驯化的 2 号反应器中的海边污泥比低盐环境中驯化的 1 号反应器中的普通污泥具有更高的降解能力。经过驯化的海边污泥更适用于处理此类含盐废水。

另外,研究结果还表明,在 1 号反应器中,提高盐浓度比提高有机物浓度对出水 COD_G 的影响更大,需要更长的恢复时间。例如,当盐质量浓度在驯化的第 20 天从 3 000 mg/L 增加到 6 000 mg/L 时(此时 COD_G 维持在 600 mg/L 左右不变),COD_G 去除率开始下降,12 d 后恢复到原先水平;而在第 45 天(此时盐质量浓度维持在 9 000 mg/L 不变),COD_G 从 600 mg/L 增加到 900 mg/L 时,COD_G 去除率下降,但只经 6 d 便恢复到原来水平。此外在驯化初期时(前 50 天),提高进水中盐和有机物浓度对污泥的冲击影响比较明显,随着驯化时间增加,这种影响减弱,表现为出水 COD_G 去除率波动变小,且恢复的时间变短。说明一段时间的驯化已使微生物的耐盐性增强,能够适应废水中盐浓度的变化,驯化的耐盐污泥趋于成熟。但在驯化的后期,逐渐增加进水中

COD_G 至 2 100 mg/L, NaCl 质量浓度为 18 000 mg/L,反应器出水 COD_G 去除率明显下降,稳定后仅达到 53% 左右,说明这一进水条件已对反应器造成了很大冲击。

2.2 污泥驯化过程中的理化性质变化

2.2.1 污泥形态结构的变化

在普通污泥所在的 1 号反应器中,由于污泥放置时间长,发生了厌氧反应,接种污泥呈黑色。为了使其转化为好氧活性污泥,在驯化的第 1 天连续曝气 24 h,此后每天曝气 8 h。驯化第 1 天,污泥颜色由黑转灰。到驯化的第 4 天,污泥颜色为灰褐色,能形成较小的絮状结构,相互间可聚合而沉降。到驯化的第 9 天,污泥颜色变为淡黄褐色,形成较大的絮状结构,能很快地相互聚合,沉降性能良好。2 号反应器中取自海边的接种污泥为黑色细沙状,经数次洗涤,取上层悬浮液,经 24 h 曝气(此后每天曝气 8 h),反应器中上部泥水混合液颜色变浅,污泥有酸味和少量白色泡沫,沉降物呈细沙状。到曝气的第 5 天,活性污泥酸味变淡。到第 15 天,污泥颜色变为灰褐色,沉降时仍为小颗粒,不易发生絮凝。到驯化的第 25 天,污泥形成较小的絮体。至第 38 天,污泥变为棕色,形成良好的絮状结构,能迅速聚合沉降。从驯化的第 60 天起,污泥颜色转变为棕黄色,直到驯化结束。

2.2.2 污泥量和污泥浓度的变化

反应器中污泥浓度随驯化时间的变化见图 4。

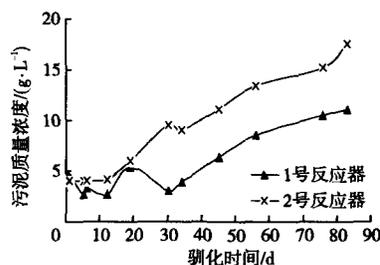


图 4 反应器中污泥浓度随时间的变化

由图 4 可知,在 1 号反应器的驯化前期,提高进水中盐和有机物浓度时,污泥浓度呈先下降后升高的趋势。而后期的驯化中虽然继续提高进水盐浓度和有机物浓度,污泥浓度未见降低而是呈升高趋势。说明在驯化初期,微生物还没有适应高盐环境,提高进水中盐的浓度和有机物浓度,对微生物造成了冲击,使污泥中原有的不适应盐浓度的微生物发生死亡,而使污泥浓度下降。到驯化后期,污泥中对盐有一定适应能力的微生物开始大量繁殖,污泥浓度升

高。2号反应器的污泥浓度基本呈增长趋势。说明从海边养殖场中筛选出的污泥因为已适应高盐环境,在投加微生物生长所需的无机营养后,污泥中的微生物迅速大量繁殖,于是污泥量迅速增长。

2.2.3 污泥驯化过程中微生物相的变化

在驯化过程中,定期观察了生物相,关注的对象主要是污泥中出现原生动物的种类、数量及菌胶团松散情况。1号反应器中出现的微生物种类比较丰富。在驯化初期盐浓度较低的情况下,主要以纤毛虫、滴虫及游离的微生物为主。随着驯化时间的增加,污泥中开始出现多种原生动物,如草履虫、钟虫、独宿虫和累枝虫,同时污泥浓度升高,出水 COD_{Cr} 去除率增大,驯化污泥趋于成熟。进一步提高盐质量浓度到 12 000 mg/L,其他原生动物数量开始减少至消失,只有累枝虫存在,而此时的累枝虫发生了变异,在开口处发生紧缩。说明发生了变异的累枝虫能够更好地适应高盐环境。与1号反应器相比,2号反应器污泥中的微生物相变化比较单一,且变化比较慢。直到驯化第5天,污泥中才开始有少量的游离微生物出现。到驯化的第13天,有少量斜口虫、滴虫出现。到第36天,有钟虫、累枝虫出现,累枝虫形态发生变异。与1号反应器不同的是,即使在盐浓度很高的情况下,2号反应器的污泥中仍然存在大量游泳型纤毛虫。纤毛虫在受到有机物浓度冲击时消失,当进水条件稳定后又重新出现。继续提高有机物质量浓度至 2 100 mg/L,钟虫和累枝虫逐渐减少至消失。到第71天,未改变进水条件,镜检发现纤毛虫又重新出现,且数量逐渐增多,这说明此纤毛虫耐盐能力比较强,但是对 COD_{Cr} 浓度变化比较敏感,不过其适应能力较强,当进水环境稳定后能重新出现。

2.2.4 系统耐瞬时盐浓度冲击性能

用经过驯化的1、2号反应器中的活性污泥,分别处理盐质量浓度为 1.4、2.0、2.6、3.2、3.8、4.4 g/L 且有机物质量浓度为 1 500 mg/L 的配制废水,考察系统耐盐度的冲击性能,结果如图5所示。

由图5可知,经过高盐浓度驯化的海边污泥耐盐浓度冲击性能比低盐浓度驯化的普通污泥强,能更快地适应瞬时盐浓度的变化,在很宽的盐浓度范围内保持较高的出水 COD_{Cr} 去除率。

3 结语

(1)盐和有机物对微生物都有抑制作用,但在高

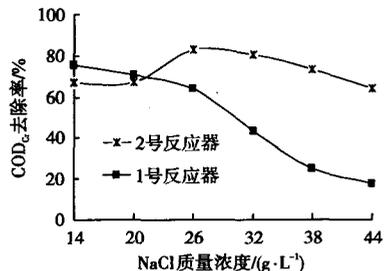


图5 反应器耐瞬时盐浓度冲击能力

盐环境对海边污泥的驯化和低盐环境对普通污水处理厂污泥的驯化,均能驯化出适用于处理含盐废水的耐盐污泥。

(2)在利用SBR反应器对活性污泥进行驯化过程中,普通污泥在 COD_{Cr} 容积负荷为 $1.55 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,盐质量浓度为 15 000 mg/L 条件下,出水 COD_{Cr} 去除率可达 94% 以上。而海边污泥在盐质量浓度为 35 000 mg/L, COD_{Cr} 容积负荷为 $1.8 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,出水 COD_{Cr} 去除率可达 97% 以上。

(3)与普通污泥相比,海边污泥更适合作为耐盐污泥驯化的接种污泥,具有驯化期短,有机物降解能力强,耐盐度冲击性能高等优点,更适用于处理高有机物浓度的含盐废水。

[参考文献]

- [1] 冯叶成,占新民,文湘华,等. 活性污泥处理系统耐含盐废水冲击负荷性能[J]. 环境科学, 2000, 21(1): 106-108.
- [2] Kargi F, Dincer A R. Effect of salt concentration on biological treatment of saline wastewater by fed-batch operation[J]. Enzyme and Microbial Technology, 1996, 19(7): 529-537.
- [3] Panswad T. Combined biological nitrification and denitrification of chloride acclimated seeds[J]. Wat. Res., 1999, 33(5): 1165-1172.
- [4] 何健,李顺鹏,崔中利,等. 含盐工业废水生化处理耐盐污泥驯化及其机制[J]. 中国环境科学, 2002, 22(6): 546-550.
- [5] 杨健,王士芬,郭长虹. 驯化活性污泥处理高含盐量有机废水研究[J]. 上海环境科学, 1998, 17(9): 8-10.
- [6] Woolard C R. Treatment of hypersaline wastewater in the sequencing batch reactor[J]. Wat. Res., 1995, 29(4): 1159-1168.
- [7] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 3版. 北京: 中国环境科学出版社, 1997: 216-220.

[作者简介] 常丽丽(1982—), 2009年毕业于大连大学, 硕士。电话: 0411-81645525, 13889427625, E-mail: changlili2125@yahoo.com.cn。

[收稿日期] 2009-09-15(修改稿)