

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2014.S1.002

# LAS 优势降解菌对洗浴废水处理效果的实验研究

周新华<sup>1</sup>, 许克<sup>1</sup>, 李喜林<sup>1</sup>, 林晓艳<sup>2</sup>

(1. 辽宁工程技术大学 建筑工程学院; 安全科学与工程学院, 辽宁 阜新 123000;

2. 北京冠亚伟业民用建筑设计有限公司, 北京 100034)

**摘要:**针对洗浴废水中 LAS 难以去除及对微生物具有一定毒性的特点,通过对微生物样品的富集培养、纯种分离获得 LAS 优势降解菌,并对其进行了菌种鉴定;测定结果表明:LAS 优势降解菌属革兰氏阴性菌( $G^-$ ),并呈短杆状;硝酸盐还原阳性菌;甲基红阴性,可以将产生的酸性物质转化为中性;经需氧实验测定其为好氧菌。在此基础上,通过静态实验确定 LAS 优势降解菌处理洗浴废水的最佳反应条件及处理效果;研究结果表明:在 LAS 降解优势菌悬液( $OD=0.4$ )接种量为 4%、摇床振荡频率  $150\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 、水样  $\text{pH}=7$  的条件下,洗浴废水水样中 LAS、COD 和  $\text{NH}_3-\text{N}$  去除率分别为 77.89%、86.37% 和 62.75%。

**关键词:**洗浴废水;LAS 优势降解菌;菌种鉴定;静态实验;去除效率

中图分类号:X703 文献标志码:A 文章编号:1674-4764(2014)S1-0005-04

## The Experimental Study on LAS Bacteria Filter for Bathing Wastewater Treatment Effect

Zhou Xinhua<sup>1</sup>, Xu Ke<sup>1</sup>, Li Xilin<sup>1</sup>, Lin Xiaoyan<sup>2</sup>

(1. College of Architecture and Engineering; College of Safety Science and Engineering, Liaoning Technical University;

Fuxin 123000, P. R. China; 2. Beijing Guanyaweiye Civil Building Design Co. Ltd, Beijing 100034, P. R. China)

**Abstract:** LAS is difficult to remove and has certain toxicity to Microorganism in bathing wastewater, LAS bacteria filter was received and strain Identified through microbial samples' enrichment culture and pure breed separation; The results of the determination showed that LAS degrading bacteria was gram-negative bacteria( $G^-$ ) and short rod, the nitrate reducing bacteria was positive, methyl red was negative and it could transform the produced acidic materials into neutral ones, and LAS degrading bacteria was aerobic bacteria by aerobism experimental determination; the optimum reaction conditions and treatment effect was determined on this basis by static experiment; The results show that on the condition of inoculation amount 4% of bacterial suspension( $OD=0.4$ ), shaking table oscillation frequency  $150\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$  and water sample  $\text{pH}=7$ , the removal rate of LAS, COD and  $\text{NH}_3-\text{N}$  was respectively 77.89%, 86.37% and 62.75% in bathing wastewater samples.

**Key words:** bathing wastewater; LAS degrading bacteria; strain identification; static experiment; removal rate

目前,世界各国都面临着水污染严重、水资源短缺的现实问题。中国是全球水资源最为缺少的 13 个国家之一,水资源短缺已经成为制约我国可持续发展的一个重要因素<sup>[1]</sup>。洗浴废水约占城市生活污水量的 30%,并且具有污染轻、水质稳定的特点,是一种可回收再利用的优质中水水源,如果能将其处理后回用,必将会缓解我国目前水资源短缺的问题,因此,洗浴废水的处理回用是一项具有现实意义的工作<sup>[2-3]</sup>。

众多学者分别采用混凝、吸附、高级氧化和生物法对洗浴废水进行处理,取得了一定的研究成果。许春红等<sup>[4]</sup>采用混凝沉淀法预处理洗浴废水,研究结果表明:在中速搅拌( $100\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ )、2 min,慢速搅拌( $30\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ )、5 min,沉淀时间为 15 min;PAC 和 PAM 投加量分别为 40、2.5~3.5 mg/L, pH 值

为 6~9 条件下,废水中  $\text{COD}_C$  和浊度的去除率分别达到 76% 和 81%;伏小勇等<sup>[5]</sup>采用生物接触氧化法对洗浴废水进行处理,当水力停留时间为 1 h,气水比为 1:1 时, COD 去除率大于 73.91%, BOD 的去除率大于 77.32%, LAS 的去除率大于 90.89%;卢海燕<sup>[6]</sup>对 Fenton 法处理洗浴废水的效果进行了系统研究,研究结果表明:对 SDBS 浓度为 12.7 mg/L,  $\text{COD}_C$  为 95.8 mg/L 的洗浴污水, Fenton 试剂最佳组合是:  $\text{H}_2\text{O}_2$  初始浓度为 1.0 Qth,  $[\text{Fe}^{2+}]$  始:  $[\text{H}_2\text{O}_2]$  始为 1:5, 且当反应时间 60 min 时, SDBS 及  $\text{COD}_C$  去除率分别达到 99.2% 和 77.3%。孔秀琴、刘伟、孙德坤等<sup>[7-10]</sup>分别采用微生物方法对洗浴废水处理进行了研究,得出了一些有益的结论。本文通过对微生物样品的富集培养、纯种分离获得 LAS 优势降解菌;并通过静态实验确定 LAS 优势降解菌处理洗浴

收稿日期:2014-05-20

作者简介:周新华(1975-),男,博士生,副教授,主要从事水处理与废水资源化方面的研究,(E-mail)gpszxh@163.com。

废水的最佳反应条件及处理效果;通过实验确定了其最佳运行参数,为洗浴废水处理工艺的设计提供了有益的借鉴。

## 1 LAS 优势降解菌的筛选及鉴定

### 1.1 实验条件及测试方法

#### 1) 实验条件

本次实验中采用的富集培养基成分:酵母膏 1.2 g,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  0.14 g,  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  0.000 5 g,  $K_2HPO_4$  0.33 g, KCl 0.06 g, LAS 5 mg, 蒸馏水 1 000 mL, pH 7.0 (0.1 MPa 下灭菌 30 min)<sup>[2,10]</sup>。

为保证实验的重现性和实验结果的可比性,本次实验中所用水样是模拟实际洗浴废水水质自行配置,其中的主要水质指标如表 1 所示。

表 1 模拟洗浴废水水质指标

指标	阴离子表面活性剂 (LAS)/(mg · L <sup>-1</sup> )	COD <sub>cr</sub> /(mg · L <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> -N/(mg · L <sup>-1</sup> )
浓度	5	300	20

#### 2) 主要测试方法

本次实验中:LAS 测定采用亚甲蓝分光光度计法测定;COD 采用 COD 快速消解测定仪直接测定;NH<sub>3</sub>-N 采用纳氏试剂法测定;pH 值采用 pH 计测定;微生物的生长量用比浊法测定,用 OD 值表示。

### 1.2 LAS 优势降解菌的筛选及鉴定

#### 1) LAS 优势降解菌的筛选

实验菌种取自辽宁省阜新市清源污水处理厂二沉池污泥,具体操作过程为:将新取回的活性污泥静置 12 h 后,取 10 g 放入装有 90 mL 无菌水的三角烧瓶中,在 30 °C 条件下,以 200 r · min<sup>-1</sup> 在摇床上振荡 30 min,形成均匀的菌悬液。用已灭菌的移液管各移取上清液 5 mL,分别加入 3 个盛有已灭菌富集培养基 200 mL 的三角烧瓶(250 mL)中,塞好棉塞后在 30 °C、振荡频率 150 r · min<sup>-1</sup> 的摇床上连续振荡培养 5 d。观察发现:澄清的培养基逐渐变浑浊并有颗粒物出现,在三角烧瓶液面处有乳白色粘稠物质生成,通过测定 3 个平行水样中 LAS 浓度,发现 3 个平行样品中的 LAS 均有部分降解,从而确定菌悬液中已有 LAS 降解菌存在。

#### 2) LAS 优势降解菌的富集

为了进一步提高菌悬液中 LAS 降解菌的数量与活性,采用重复传种的定向培养方法多次移种传代,以此得到既能够降解 LAS,又对 LAS 有良好耐性的优势菌株。具体实验操作:取经过前代筛选出的菌悬液 5 mL,分别加入 3 个盛有已灭菌富集培养基 200 mL 的三角烧瓶(250 mL)中,其中 LAS 浓度为 5 mg/L。塞好棉塞后在 30 °C、振荡频率 150 r · min<sup>-1</sup> 的摇床上连续振荡培养 5 d,经过如此的 3 次传代接种,3 个平行样中 LAS 的去除率分别为 82.2%、85.0% 和 85.6%,据此我们认为 LAS 优势降解菌的富集完成。

为了同步考察 LAS 优势降解菌对水样中 COD 和 NH<sub>3</sub>-N 的降解能力,将富集得到的 LAS 优势降解菌接种于 LAS、COD 和 NH<sub>3</sub>-N 浓度分别为 5、680、20 mg/L 水样中,按前述的方法,自接种后每隔 24 h 测定一次 LAS、COD、NH<sub>3</sub>-N 浓度,测定结果如图 1~2 所示。

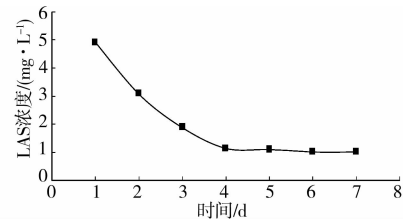


图 1 培养基中 LAS 浓度随时间的变化情况

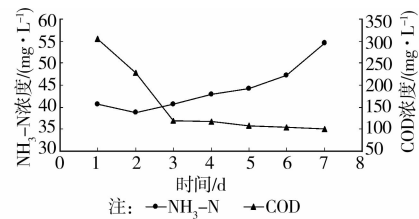


图 2 培养基中 NH<sub>3</sub>-N 和 COD 浓度随时间的变化情况

从图 1~2 可以看出,水样中 COD、LAS 的浓度在反应初期下降趋势明显,随着时间的延长,其下降趋势逐渐变缓期。说明微生物在生长过程中不仅利用了酵母膏提供的碳源,同时 LAS 作为碳源也被微生物降解;而 NH<sub>3</sub>-N 浓度不降反升,之所以产生这种现象,是因为环境中绝大多数的异氧微生物具有分解蛋白质释放氨的能力,而酵母膏中 NH<sub>3</sub>-N 只占据了总氮的小部分,大部分氮则以大分子有机氮的形式存在,在有氧气存在的条件下,酵母膏中的蛋白质在蛋白酶的作用下水解为小分子肽和氨基酸,其中部分用于微生物自身的生命活动,其余部分将通过微生物氨化作用产生了大量的 NH<sub>3</sub>-N 释放到富集培养基中,从而增加了 NH<sub>3</sub>-N 的浓度。同时发现,LAS 浓度在 4 d 内基本达到稳定,因此在后续实验中,取经过 4 d 培养的菌悬液进行。

#### 3) LAS 优势降解菌的鉴定

为了更好地了解 LAS 优势降解菌的生理生化特性,分别对 LAS 优势降解菌菌株进行革兰氏染色、硝酸盐还原性、甲基红试验、过氧化氢酶试验及需氧性实验鉴定<sup>[6,7]</sup>。革兰氏染色、硝酸盐还原性、甲基红试验反应结果见图 3~5。

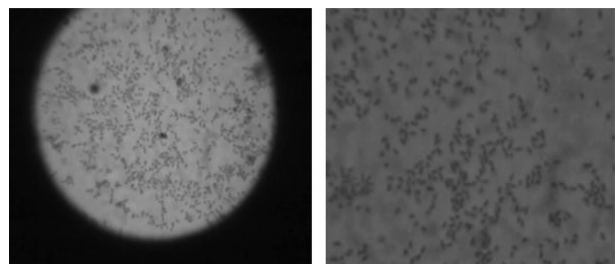


图 3 菌株革兰氏染色

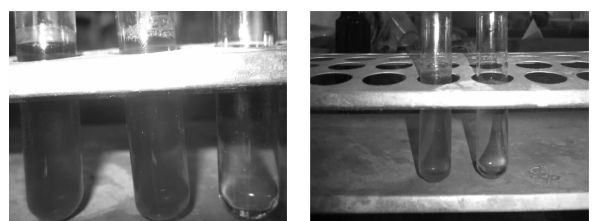


图 4 硝酸盐还原性试验对比

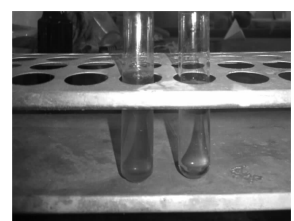


图 5 甲基红试验对比

结果表明:LAS 优势降解菌属革兰氏阴性菌( $G^-$ ),并呈短杆状;硝酸盐还原阳性菌;甲基红阴性,可以将产生的酸性物质转化为中性;过氧化氢阳性,能够产生过氧化氢酶;经需氧实验测定其为好氧菌。

## 2 LAS 优势降解菌处理洗浴废水的单因素实验研究

### 2.1 pH 值对洗浴废水处理效果的影响

取 8 只 250 mL 三角烧瓶,各装 100 mL 洗浴废水水样,分别调节 pH 值分别为 3、4、5、6、7、8、9、11。然后取经过 4 d 培养的菌悬液( $OD=0.4$ ),按体积比为 4% 的接种量接种于各三角烧瓶中,在 30℃ 条件下,将三角烧瓶置于振荡频率为  $150\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$  的摇床中培养 4 d,取出后静置 5 min,分别测定各水样中 LAS、COD、 $\text{NH}_3-\text{N}$  的去除率并绘制曲线。水样中不同 pH 对各污染物去除率的影响如图 6 所示。

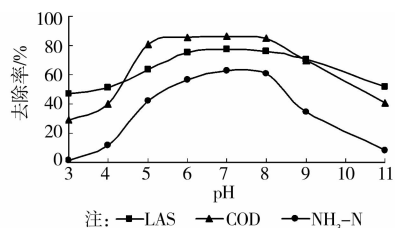


图 6 pH 对 LAS、COD、 $\text{NH}_3-\text{N}$  去除率的影响

由图 6 可以看出,COD 在 pH 值 5—8 的范围内具有良好的去除率,LAS 在 pH 值 6—9 的范围内去除效果较好, $\text{NH}_3-\text{N}$  在 pH 值为 7 时去除效果最好。当  $\text{pH}=7$  时,LAS、COD、 $\text{NH}_3-\text{N}$  的去除率分别为 77.19%、85.33%、62.60%。结果表明,LAS 优势降解菌具有较好的 pH 值适应能力,由于洗浴废水真实水样的 pH 值一般在 6~8 范围内,因此在实际工程中一般无需对水样的 pH 值进行调节。

### 2.2 溶解氧对洗浴废水处理效果的影响

在本次实验中,主要通过控制摇床振荡频率来考察溶解氧对洗浴废水处理效果的影响。

按体积比 4% 的接种量接种经过 4 天培养的菌悬液( $OD=0.4$ )于 6 只分别装有 100 mL 水样的 250 mL 三角烧瓶中,在 30℃ 条件下置于摇床上振荡培养 4 d。培养过程中分别设定摇床的振荡频率为 0、50、100、150、200 和  $250\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ ,培养结束后取出静置 5 min,分别测定各水样的 LAS、COD、 $\text{NH}_3-\text{N}$  去除率并绘制曲线<sup>[8]</sup>。不同振荡频率对水样中各污染物去除率的影响如图 7 所示:

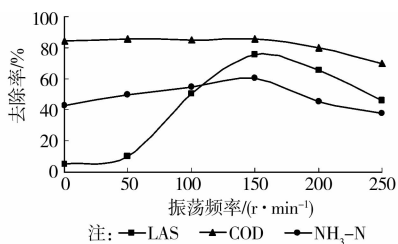


图 7 摇床振荡频率对 LAS、COD、 $\text{NH}_3-\text{N}$  去除率的影响

由图 7 可以看出,当摇床振荡频率为  $150\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$  时,对 LAS、COD、 $\text{NH}_3-\text{N}$  的去除效果较好,此时去除率分别为

75.45%、85.67%、60.12%。其原因主要是:LAS 降解菌及硝化细菌都是好氧菌,在降解有机物时,需要氧作为电子受体,当摇床振荡频率较低时,溶解氧降低影响菌种的活性,因此各污染物降解率较低;当振荡频率的增大,溶解氧含量增加,提高了降解菌的生理活性,使降解率有所提高。但当振荡频率大于  $150\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$  时,降解率去明显下降,主要是由于当有 LAS 的存在时,在高速振荡的情况下,容易产生泡沫,影响了废水的复氧速率和充氧程度,使水样中溶解氧的含量降低;同时高速振荡影响絮凝体的形成,对有机物的去除产生不利影响,致使去除率下降。

### 2.3 接种量对洗浴废水处理效果的影响

取经过 4 d 培养的菌悬液( $OD=0.4$ )按体积百分比 1%、2%、4%、6%、8% 和 10% 的接种量分别接种于 6 只盛有 100 mL 水样的 250 mL 三角烧瓶中。在 30℃ 条件下,以  $150\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$  的振荡频率在摇床上振荡培养 4 d,取出静置 5 min 后,分别测定各水样中 LAS、COD、 $\text{NH}_3-\text{N}$  的去除率。不同接种量对水样中各污染物去除率的影响如图 8 所示:

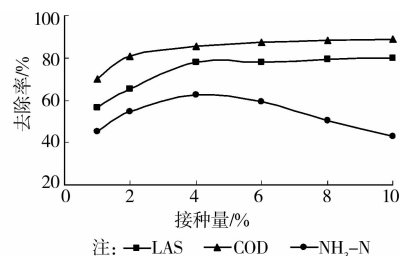


图 8 接种量对 LAS、COD、 $\text{NH}_3-\text{N}$  去除率的影响

由图 8 可以看出,当接种量为 4% 时,水样中 LAS、COD、 $\text{NH}_3-\text{N}$  的去除率分别为 77.89%、86.37%、62.75%。进一步增加接种量,LAS、COD 的去除率均缓慢增加,但增加的幅度不大;而  $\text{NH}_3-\text{N}$  的去除率去随着接种量的增加而降低。产生上述结果的原因是:有机物与微生物的比值(F/M)是影响废水净化的一个主要因素,当菌体浓度过小时,营养物质相对过剩,微生物活力较强,处理废水能力高;但微生物细胞间存在的斥力大于分子间的范德华引力,致使絮凝体形成的速度缓慢,对有机物的吸附和降解能力较低,从而影响去除率。当接种量过量增加时,有机物消耗速度加快,有机物浓度已不足以维持微生物正常的生长代谢,致使微生物转为减慢增长甚至产生内原呼吸,从而导致  $\text{NH}_3-\text{N}$  的去除率降低。

## 3 结论

通过对微生物样品的富集培养、纯种分离获得优势降解菌,并对其进行了菌种鉴定。在此基础上,通过静态单因素实验,对影响水样中 LAS 等污染物去除效率的影响因素进行了研究,得出如下结论:

1)通过对 LAS 优势降解菌进行菌种鉴定:LAS 优势降解菌属革兰氏阴性菌( $G^-$ ),并呈短杆状;硝酸盐还原阳性菌;甲基红阴性,可以将产生的酸性物质转化为中性;过氧化氢阳性,能够产生过氧化氢酶;经需氧实验测定其为好氧菌。

2)通过静态单因素实验,确定 LAS 降解优势菌去除水样中污染物的最佳反应条件为:将 LAS 降解优势菌悬液( $OD=0.4$ )接种量 4%、摇床振荡频率  $150\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 、水样  $\text{pH}=7$ 。

3)在上述条件下,洗浴废水水样中 LAS、COD 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  去除率分别为 77.89%、86.37% 和 62.75%, 研究表明, LAS 优势降解菌对洗浴废水有较好的处理效果。

#### 参考文献:

- [1] Cui F Y, Yang H Y. Study on coagulation pretreatment of bathing wastewater [J]. Water & Wastewater Engineering, 2005, 31(1): 33-36.
- [2] 应启锋. 阴离子表面活性剂直链烷基苯磺酸钠(LAS)高效降解菌的筛选及其降解特性的研究[D]. 北京:北京工业大学, 2001.
- [3] 李玉标, 田春艳. 学校洗浴废水处理方法概述[J]. 吉林化工学院学报, 2011, 28(3): 44-47.
- [4] 许春红, 刘永德, 刘战果, 等. 混凝沉淀预处理洗浴废水试验研究[J]. 工业用水与废水, 2013, 44(3): 39-41.
- [5] 伏小勇, 秦赏, 陈学民, 等. 生物接触氧化法处理洗浴废水的研究[J]. 净水技术, 2008, 27(2): 52-54.
- [6] 卢海燕. Fenton 法处理洗浴废水的研究[D]. 广州:暨南大学, 2006.
- [7] 孔秀琴, 何乐萍, 兰建伟, 等. 活性污泥法处理洗浴废水的中水工艺试验研究[J]. 工业水处理, 2006, 26(9): 53-55.
- [8] Pankhania M, Brindle K, Stephenson T. Membrane aeration bioreactors for wastewater treatment: completely mixed and plug-flow operation [J]. Chemical Engineering, 1999, 73(2): 131-136.
- [9] 刘伟, 张亭, 潘洋, 等. LAS 高效降解菌的分离鉴定及其降解性能的初步研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(20): 265-268.
- [10] Yamakata A, Ishibashi T A, Onishi H. Effects of accumulated electrons on the decay kinetics of spectroscopy [J]. Journal of Photochemistry and Photobiology Chemistry, 2003, 160(1/2): 33-36.
- [11] 孙德坤, 赵海泉. 一株高效降解直链烷基苯磺酸钠降解菌的分离鉴定及特性研究[J]. 安徽农业大学学报, 2011, 38(3): 410-413.
- [12] Schleheck D, Knepper TP, Fischer K, et al. Mineralization of individual congeners of linear alkylbenzene sulfonate by defined pairs of heterotrophic bacteria [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2004, 70(7): 4053-4063.
- [13] Chern J M, Yu C F. Volatile organic compound emission rate from diffused aeration systems: 1. Mass transfer modeling [J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 1995, 34(8): 2634-2643.
- [14] 杜倩, 杨亲正. 阴离子表面活性剂(SDS 和 LAS)降解法的研究进展[J]. 山东轻工业学院学报, 2012, 26(3): 20-22.
- [15] Ji S X. Enhance the ability of independent innovation to make sure detergent industry develop placidly and quickly[C]//2006 The 9<sup>th</sup> International Conference on Surfactant & Detergent Proceedings. Shanghai Cassdi & Ride, 2006: 1-5.

(编辑 郭 飞)

#### (上接第 4 页)

#### 参考文献:

- [1] 张军岩, 于格. 世界各国(地区)围海造地发展现状及其对我国的借鉴意义[J]. 国土资源, 2008, (8): 60-62.
- [2] 刘伟, 刘百桥. 我国围填海现状、问题及调控对策[J]. 广州环境科学, 2008, 23(2): 26-30.
- [3] 中国水利学会围涂开发专业委员会. 中国围海工程[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2000.
- [4] 黄健敏. 填海区淤泥重金属释放迁移规律及其环境效应研究[D]. 成都:成都理工大学环境与土木工程学院, 2007.
- [5] Tovey N K, Krinsley D H. Mapping of the orientation of fine-grained minerals in soils and sediments [J]. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 1992, (46): 93-98.
- [6] 孔令伟, 吕海波, 汪稔, 等. 湛江海域结构性海洋土的工程特性及其微观机制[J]. 水力学报, 2002, (9): 82-88.
- [7] 吴恒, 张信贵, 易念平, 等. 水土作用与土体微观结构研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2000, 19(2): 199-204.
- [8] 张信贵, 吴恒, 方崇, 等. 水土相互作用与土体微观结构变异的 X 射线衍射分析[J]. 桂林工学院学报, 2005, 25(3): 301-304.
- [9] 易念平, 张信贵, 李芒原, 等. 地下水变异环境下土体观结构演化的 SEM 测试分析[J]. 桂林工学院学报, 2008, 28(1): 43-47.
- [10] 代国忠. 土力学与基础工程[M]. 北京:机械工业出版社, 2008.
- [11] 冯秀丽, 沈渭铨, 等. 海洋工程地质专论[M]. 青岛:中国海洋大学出版社, 2006.
- [12] 张信贵, 吴恒, 方崇, 等. 水土化学体系中钙镁对土体结构强度贡献的试验研究[J]. 地球与环境, 2005, 33(4): 58-64.
- [13] 张正斌. 海洋化学[M]. 青岛:中国海洋大学出版社, 2004.
- [14] James K. Mitchell. 岩土工程土性分析原理[M]. 高国瑞, 韩选江, 张新华, 译. 南京:南京工学院出版社, 1988.
- [15] 洪宝宁, 刘鑫. 土体微细结构理论与试验[M]. 北京:科学出版社, 2010.
- [16] 高国瑞. 近代土质学[M]. 南京:东南大学出版社, 1990.
- [17] 吴恒, 张信贵, 韩立华. 水化学场变异对土体性质的影响[J]. 广西大学学报:自然科学版, 1999, 24(4): 85-88.
- [18] 易念平, 吴恒, 张信贵, 等. 水土作用的力学机理探讨[J]. 广西大学学报:自然科学版, 2000, 25(1): 14-17.

(编辑 詹燕平)