

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第34卷 第6期

Vol.34 No.6

2013

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

2008 ~ 2010 年北京城区大气 BTEX 的浓度水平及其 O ₃ 生成潜势	曹函玉, 潘月鹏, 王辉, 谭吉华, 王跃思 (2065)
利用 SPAMS 研究上海秋季气溶胶污染过程中颗粒物的老化与混合状态	牟莹莹, 楼晟荣, 陈长虹, 周敏, 王红丽, 周振, 乔利平, 黄成, 李梅, 李莉, 王倩, 黄海英, 邹兰军 (2071)
沈阳市降水化学成分及来源分析	张林静, 张秀英, 江洪, 张清新 (2081)
秦皇岛大气污染物浓度变化特征	刘鲁宁, 申雨璇, 辛金元, 吉东生, 王跃思 (2089)
笼养鸡生长过程 NH ₃ 、N ₂ O、CH ₄ 和 CO ₂ 的排放	周忠凯, 朱志平, 董红敏, 陈永杏, 尚斌 (2098)
碳化硅协同分子筛负载型催化微波辅助催化氧化甲苯性能	王晓晖, 卜龙利, 刘海楠, 张浩, 孙剑宇, 杨力, 蔡力栋 (2107)
生物滴滤塔净化多组分废气的研究	张定丰, 房俊逸, 叶杰旭, 邱松凯, 钱东升, 戴启洲, 陈东之 (2116)
在氧化和还原氛围下脉冲电晕法降解二硫化碳废气	金圣, 黄立维, 李国平 (2121)
模拟大气 CO ₂ 水平升高对春季太湖浮游植物生理特性的影响	赵旭辉, 汤龙升, 史小丽, 杨州, 孔繁翔 (2126)
一种确定湖泊水质基准参照状态浓度的新方法	华祖林, 汪靛 (2134)
HSPF 径流模拟参数敏感性分析与模型适用性研究	李燕, 李兆富, 席庆 (2139)
基于非点源污染的水质监测方案研究	吴喜军, 李怀恩, 李家科, 李强坤, 董雯 (2146)
不同雨强下黄棕壤坡耕地径流养分输出机制研究	陈玲, 刘德富, 宋林旭, 崔玉洁, 张革 (2151)
春季东海赤潮发生前后营养盐及溶解氧的平面分布特征	李鸿妹, 石晓勇, 陈鹏, 张传松 (2159)
三峡库区大宁河枯水期藻细胞的时空分布	张永生, 郑丙辉, 王坤, 姜霞, 郑浩 (2166)
湖泊沉积物溶解性有机氮组分的藻类可利用性	冯伟莹, 张生, 焦立新, 王圣瑞, 李畅游, 崔凤丽, 付绪金, 甄志磊 (2176)
刚毛藻分解对上覆水磷含量及赋存形态的影响	侯金枝, 魏权, 高丽, 孙卫明 (2184)
反复扰动下磷在沉积物和悬浮物以及上覆水间的交换	李大鹏, 王晶, 黄勇 (2191)
三峡库区主要支流表层沉积物多溴联苯醚的分布特征	李昆, 赵高峰, 周怀东, 刘晓茹, 余丽琴, 文武, 张盼伟 (2198)
UV 和 H ₂ O ₂ 联合消毒灭活饮用水中大肠杆菌研究	张一清, 周玲玲, 张永吉 (2205)
臭氧降解水中邻苯二甲酸二甲酯的动力学及影响因素	于丽, 张培龙, 侯甲才, 庞立飞, 李越, 贾寿华 (2210)
硝酸根对水体中甲基汞光化学降解的影响	毛雯, 孙荣国, 王定勇, 马明, 张成 (2218)
快雌醇氯化反应的动力学和机制研究	王斌楠, 刘国强, 孔德洋, 陆勇鹤 (2225)
金属离子对 δ-MnO ₂ 去除对叔辛基酚抑制作用的研究	李非里, 牟华倩 (2232)
核-壳表面磁性印迹聚合物的制备及其对水中双酚 A 的特异性去除	刘建明, 李红, 熊振湖 (2240)
有机蒙脱石负载纳米铁去除溶液中四溴双酚 A 的研究	闫梦玥, 庞志华, 李小明, 迟建宇, 罗隽 (2249)
纳滤预处理测定景观水体中溶解性有机氮质量浓度及其分布特征	于红蕾, 霍守亮, 杨周生, 席北斗, 咎逢宇, 张靖天 (2256)
改性水凝胶的制备及其对 Pb ²⁺ 、Cd ²⁺ 吸附性能研究	吴宁梅, 李正魁 (2263)
直接大红 4BE 的磷钨酸均相光催化还原脱色	魏红, 李克斌, 李娟, 陈经涛, 张涛 (2271)
基于微气泡曝气的生物膜反应器处理废水研究	张磊, 刘平, 马锦, 张静, 张明, 吴根 (2277)
Fenton 法处理竹制品废水生化出水出水的研究	郭庆稳, 张敏, 王炜, 杨治中, 吴东雷 (2283)
二价铁离子对 UASB 反应器厌氧发酵产氢效能的影响	李永峰, 王艺璇, 程国玲, 刘春妍 (2290)
进水底物浓度对蔗糖废水产酸合成 PHA 影响研究	陈志强, 邓毅, 黄龙, 温沁雪, 郭子瑞 (2295)
接种好氧颗粒污泥快速启动硝化工艺的过程研究	刘文如, 沈耀良, 丁玲玲, 丁敏 (2302)
聚磷污泥去除高浓度铅的影响因素研究	杨敏, 卢龙, 冯涌, 方超, 李雄清 (2309)
体积溶氧传递系数在好氧颗粒污泥系统中的变化特性初步分析	李志华, 范长青, 王晓昌 (2314)
我国淡水水体中双酚 A (BPA) 的生态风险评价	汪浩, 冯承莲, 郭广慧, 张瑞卿, 刘跃丹, 吴丰昌 (2319)
麦穗鱼物种敏感性评价	王晓南, 刘征涛, 闫振广, 张聪, 何丽, 孟双双 (2329)
不同评估方法得出的五氯酚的 PNEC 值的比较研究	雷炳莉, 文育, 王艺陪, 康佳, 刘倩 (2335)
桂林市交警头发 Hg、Pb 含量及分布研究	钱建平, 张力, 李成超, 黄栋 (2344)
直流电场处理后降线藻趋光性对 Cu ²⁺ 和 Hg ²⁺ 的响应	王飞祥, 袁玲, 黄建国 (2350)
UV-B 辐射对青冈凋落叶化学组成和分解的影响	宋新章, 卜涛, 张水奎, 江洪, 王志坤, 赵明水, 刘永军 (2355)
7 种树木的叶片微形态与空气悬浮颗粒吸附及重金属累积特征	刘玲, 方炎明, 王顺昌, 谢影, 杨聘聘 (2361)
溶解氧对碳氮硫共脱除工艺中微生物群落影响解析	于皓, 陈川, 张莉, 王爱杰 (2368)
不同耕地利用方式下土壤微生物活性及群落结构特性分析: 基于 PLFA 和 MicroResp TM 方法	陈晓娟, 吴小红, 刘守龙, 袁红朝, 李苗苗, 朱捍华, 葛体达, 童成立, 吴金水 (2375)
典型滨海湿地干湿交替过程氮素动态的模拟研究	韩建刚, 曹雪 (2383)
三峡库区巫山建坪地区土壤镉等重金属分布特征及来源研究	刘意章, 肖唐付, 宁增平, 贾彦龙, 黎华军, 杨菲, 姜涛, 孙旻 (2390)
北京市不同区位耕作土壤中重金属总量与形态分布特征	陈志凡, 赵焯, 郭廷忠, 王永峰, 田青 (2399)
季节变化对贵阳市不同功能区地表灰土重金属的影响	李晓燕 (2407)
东营市孤岛地区土壤中类二噁英类 PCBs 的污染特征	王登阁, 崔兆杰, 傅晓文, 殷永泉, 许宏宇 (2416)
模拟氮沉降对森林土壤有机物淋溶的影响	段雷, 马萧萧, 余德祥, 谭炳全 (2422)
甲基 β 环糊精对污染场地土壤中多环芳烃的异位增效洗脱修复研究	孙明明, 滕应, 骆永明, 李振高, 贾仲君, 张满云 (2428)
胶质芽孢杆菌对印度芥菜根际土壤镉含量及土壤酶活性影响	杨榕, 李博文, 刘微 (2436)
长期施用粪肥蔬菜基地蔬菜中典型抗生素的污染特征	吴小莲, 向垒, 莫测辉, 姜元能, 严青云, 李彦文, 黄献培, 苏青云, 王纪阳 (2442)
有机废弃物堆肥培肥土壤的氮矿化特性研究	张旭, 席北斗, 赵越, 魏自民, 李洋, 赵昕宇 (2448)
北京市生活垃圾转运站耗能和排污特征及其影响因素分析	王昭, 李振山, 冯亚斌, 焦安英, 薛安 (2456)
氨对垃圾焚烧飞灰浸出特性的影响及地球化学模拟	官贞珍, 陈德珍, Thomas Astrup (2464)
焚烧飞灰预处理工艺及其无机氯盐的行为研究	朱芬芬, 高冈昌辉, 大下和傲, 姜惠民, 北岛義典 (2473)
富含中孔与酸性基团的生物炭的制备与吸附性能	李坤彬, 李辉, 郑正, 张雨轩 (2479)
生物炭技术缓解我国温室效应潜力初步评估	姜志翔, 郑浩, 李锋民, 王震宇 (2486)
基于物质流分析的钾素流动与循环研究	白桦, 曾思育, 董欣, 陈吉宁 (2493)
《环境科学》征订启事 (2115) 《环境科学》征稿简则 (2224) 信息 (2217, 2289, 2349, 2398) 专辑征稿通知 (2478)	

体积溶氧传递系数在好氧颗粒污泥系统中的变化特性初步分析

李志华, 范长青, 王晓昌

(西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 西安 710055)

摘要: 取成熟的好氧颗粒污泥, 在同一测试装置中采用相同的曝气条件进行体积溶氧传递系数($k_L a$)的测试, 当传统活性污泥和成熟好氧颗粒污泥浓度 MLSS 为 2 000、4 000、6 000、8 000 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 其 $k_L a$ (min^{-1}) 值分别为 0.5861 ± 0.0095 、 0.5861 ± 0.0272 、 0.5556 ± 0.0168 、 0.5338 ± 0.0268 和 0.6455 ± 0.0276 、 0.6320 ± 0.0755 、 0.6185 ± 0.0625 、 0.6406 ± 0.0555 , 表明颗粒污泥 $k_L a$ 值高于同浓度条件下的絮体污泥, 且随浓度增加, 絮体污泥氧传递效率下降而颗粒污泥无明显变化。对好氧颗粒污泥进行筛分后, 大颗粒和小颗粒在污泥浓度相同、体积相同、表面积相同以及个数相同的情况下二者的 $k_L a$ 值均无明显差别, 由此可以推断, 这些因素对好氧颗粒污泥 $k_L a$ 的影响可以忽略。研究结果对于污水处理厂节能运行具有一定的参考价值。

关键词: 体积溶氧传递系数; 好氧颗粒污泥; 污水处理; 絮体结构

中图分类号: X703.1 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2013)06-2314-05

Preliminary Study on Characteristics of Volumetric Oxygen Transfer Coefficient in Granular Sludge Systems

LI Zhi-hua, FAN Chang-qing, WANG Xiao-chang

(Key Laboratory of Northwest Water Resources, Environment and Ecology, Ministry of Education, School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: The volumetric oxygen transfer coefficient ($k_L a$) was tested with mature aerobic granules in the same aeration measurement device and under the same aeration conditions. The $k_L a$ (min^{-1}) was 0.5861 ± 0.0095 , 0.5861 ± 0.0272 , 0.5556 ± 0.0168 , 0.5338 ± 0.0268 for floc sludge, and 0.6455 ± 0.0276 , 0.6320 ± 0.0755 , 0.6185 ± 0.0625 , 0.6406 ± 0.0555 for aerobic granules, when the sludge concentration MLSS ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) was controlled at 2 000, 4 000, 6 000, 8 000, respectively. This indicated that granular sludge exhibited higher $k_L a$ values than the flocs, and the $k_L a$ value of floc sludge decreased with the increase of the sludge concentration; however, insignificant decrease was found for granular sludge. After screening of granules with different diameter, the $k_L a$ values of the aerobic granular sludge with different sizes which had the same MLSS, volume, surface area and particle number were compared, and insignificant difference was found, suggesting that the effects of these factors on the $k_L a$ of granular sludge were negligible. The findings of this work may have significance for the energy-saving operation of wastewater treatment plants.

Key words: volumetric oxygen transfer coefficient; aerobic granular sludge; wastewater treatment; floc structure

曝气过程是污水生物处理过程的重要能耗控制单元^[1], 氧气传质速率是描述该过程效率的一个非常重要的指标, 氧气传质速率的提高是降低好氧污水处理工艺能耗的最直接有效的手段^[2~4]。体积溶氧传递系数 $k_L a$ 是用来表征溶氧传递速率的重要参数, 该参数为复合参数, 是气液传质系数 k_L 和气液接触面积 a 的乘积。对于体积溶氧传递系数 $k_L a$ 的研究, 主要集中在曝气设备、反应池尺寸形状和温度等物理因素方面, 生物过程及工艺参数对溶氧传递过程的影响机制尚不清楚。

好氧颗粒污泥已经成为一个新的研究热点, 因其具有沉降性好、抗冲击负荷能力强、脱氮除磷效果好等优点而受到国内外学者和工程技术人员广泛关注。在当前对颗粒污泥的研究中, 通常都是对

污泥的密度、沉速、形态、强度等常规性指标进行分析^[5~8], 同时对于颗粒污泥稳定性的研究也是一个热点, 而对于颗粒污泥系统在曝气过程的气液传质速率方面的研究却鲜见报道。

1 材料与方法

1.1 实验装置

本研究 $k_L a$ 数据测量采用图 1 所示装置, 实验过程中通过水浴将实验温度控制在 $(20 \pm 0.5)^\circ\text{C}$,

收稿日期: 2012-05-18; 修订日期: 2012-12-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(51078303); 陕西省青年科技新星项目(2010KJXX-07); 陕西省教育厅专项科研计划项目(11JK0764)

作者简介: 李志华(1976~), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为污水生物处理理论与技术, E-mail: lizhihua@gmail.com; lizhihua@xauat.edu.cn

搅拌桨保证泥水混合均匀且转速恒定,底部设有曝气砂芯曝气,曝气量用流量计维持恒定. 实验数据通过溶氧仪测量,溶氧仪连接电脑采集数据. 数据测量过程如图 2 所示,首先曝气使装置内污泥溶解氧达到饱和并平稳 5 min 左右,停止曝气开启搅拌,此时需要将通气孔关闭来保证装置内的密闭性,当溶解氧下降到 $1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 左右,开始曝气,这时需要打开曝气孔来维持装置内外气压平衡,曝气直到溶解氧达到饱和并平稳 15 ~ 20 min 后完成测试,将收集数据拟合得到 k_La 值. 在一开始停止曝气后溶解氧曲线的下降斜率可以得到污泥耗氧速率 OUR,打开曝气后溶解氧变化速率为:

$$\frac{dC}{dt} = k_La \cdot [C^\infty - C(t)] - OUR$$

式中, $\frac{dC}{dt}$ 为溶解氧浓度变化速率, $\text{mg}\cdot(\text{L}\cdot\text{min})^{-1}$; k_La 为氧传质系数, min^{-1} ; C^∞ 为饱和溶解氧浓度, $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; C 为溶解氧浓度, $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; OUR 为污泥耗氧速率, $\text{mg}\cdot(\text{L}\cdot\text{min})^{-1}$.

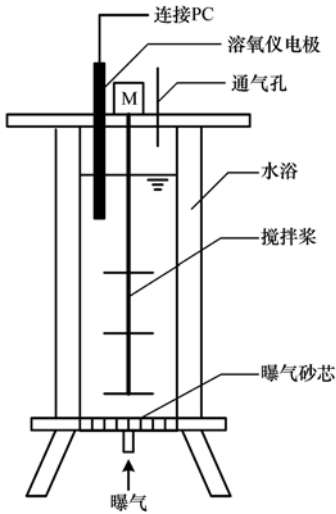


图 1 测量装置示意

Fig. 1 Schematic diagram of measuring device

1.2 实验方法

1.2.1 污泥浓度对好氧颗粒污泥和传统活性污泥 k_La 的影响对比

取西安市第四污水处理厂 A²/O 工艺二沉池回流污泥代表传统絮状活性污泥,实验室气提式反应器内培养的成熟颗粒污泥代表好氧颗粒污泥,反应器运行条件如表 1、2 所示. 分别取指定浓度的两种形态的污泥 300 mL 放入图 1 所示装置内进行 k_La 测量,控制 MLSS 分别为 2 000、4 000、6 000、8 000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

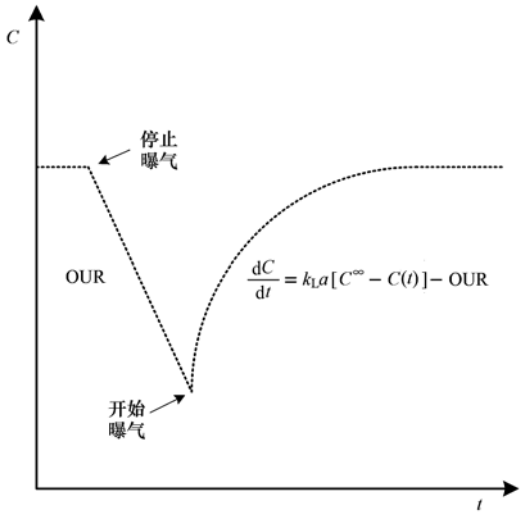


图 2 k_La 测量过程示意

Fig. 2 Measurement process of k_La

表 1 反应器运行周期/min

Table 1 Periods of sequencing operation/min

进水	曝气	沉淀	出水	周期时间
2	234	2	2	240

表 2 模拟废水组成/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

Table 2 Components of the synthetic wastewater/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

基质名称	浓度	基质名称	浓度
COD	1 200	$\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	180
NH_4^+-N	120	$\text{CaCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	28
TP	80	微量元素使用液 ¹⁾ / $\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$	0.3

1) 微量元素使用液配方 ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$): EDTA 10.00, $\text{FeCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 1.50, H_3BO_3 0.15, $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.03, KI 0.18, $\text{MnCl}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.12, $\text{NaMoO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.06, $\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.12, $\text{CoCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.15

1.2.2 不同粒径下好氧颗粒污泥表观特性对于 k_La 的影响分析

取实验室气提式反应器内培养的成熟颗粒污泥筛分粒径大于 1 mm 的大颗粒和 0.2 ~ 1 mm 的小颗粒,分别测量大颗粒和小颗粒在表观特性 MLSS、体积、表面积、个数相同情况下的 k_La . 具体步骤为,取大颗粒污泥浓度为 4 000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时的 k_La 作为参照项,此时 SV30 为 27 mL. ①测量小颗粒在污泥浓度相同时 (4 000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 的 k_La 与参照项进行对比;②取小颗粒在 SV30 为 27 mL 时的 k_La 与参照项进行对比;③对比大、小颗粒表面积相同时的 k_La ,即将大、小颗粒污泥拍摄如图 3 所示的培养皿照片,利用本课题组编写的 Size-Analysis 软件对照片进行分析,每组测量 600 个粒径,然后利用高斯拟合计算出平均粒径 $R_{\text{大颗粒}}$ 、 $R_{\text{小颗粒}}$,表面积相同即大

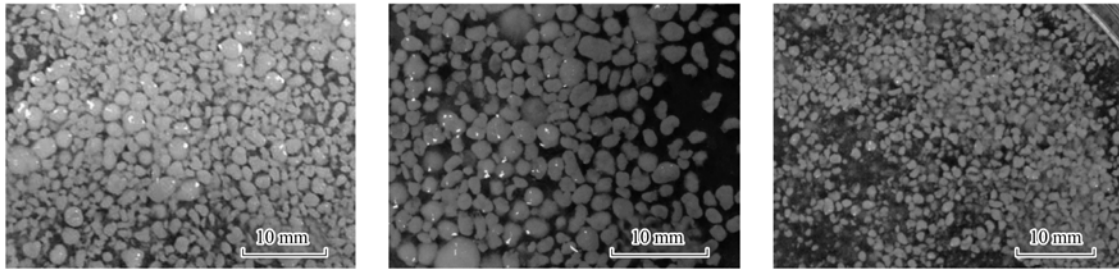


图3 好氧颗粒污泥形态

Fig. 3 Morphology of aerobic granules

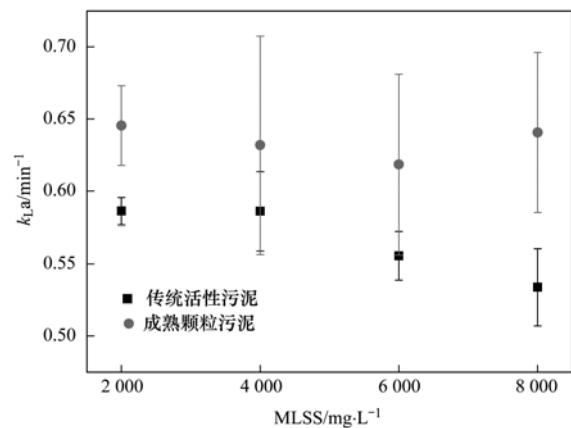
颗粒和小颗粒两者 SV30 比为 $R_{\text{大颗粒}}:R_{\text{小颗粒}}$; ④对比大、小颗粒个数相同时的 $k_L a$, 即在个数相同的条件下大颗粒和小颗粒两者 SV30 比为 $R_{\text{大颗粒}}^3:R_{\text{小颗粒}}^3$.

2 结果与讨论

2.1 污泥浓度对好氧颗粒污泥和传统活性污泥 $k_L a$ 影响对比

好氧颗粒污泥和传统活性污泥在不同污泥浓度下的 $k_L a$ 如图 4 所示, 当传统活性污泥和成熟好氧颗粒污泥浓度为 2 000、4 000、6 000、8 000 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 其 $k_L a$ (min^{-1}) 值分别为 0.5861 ± 0.0095 、 0.5861 ± 0.0272 、 0.5556 ± 0.0168 、 0.5338 ± 0.0268 和 0.6455 ± 0.0276 、 0.6320 ± 0.0755 、 0.6185 ± 0.0625 、 0.6406 ± 0.0555 . 可以看出在每一个相同污泥浓度下, 好氧颗粒污泥的 $k_L a$ 均大于传统活性污泥.

对比分析造成这一差异的根本原因是二者污泥形态的不同(图 5), 颗粒污泥和传统活性污泥在结构上有着明显的差异, 颗粒污泥比较密实且表面较光滑, 而传统活性污泥为絮状污泥, 其大小较颗粒污泥小很多. 这种形态上的差异导致了在曝气过程中污泥和气泡位置关系有着较大的区别(图 6). 传统活性污泥絮体由于体积相对于气泡要小得多, 在气泡上升的过程中, 会有一些絮体吸附在气泡表面, 在

图4 不同形态污泥在不同 MLSS 下的 $k_L a$ (清水 $k_L a$ 为 0.9089 min^{-1})Fig. 4 $k_L a$ of different sludge type with different MLSS ($k_L a$ in clean water was 0.9089 min^{-1})

曝气过程中和气泡是一种附着关系; 好氧颗粒污泥由于密度和颗粒尺寸相对于传统活性污泥要大得多, 其体积和气泡体积相差不大, 颗粒表面光滑, 存在明显边界, 在曝气过程中和气泡是一种碰撞关系. 体积溶氧传递系数 $k_L a$ 是用来表征溶氧传递速率的重要参数, 该参数为复合参数, 是气液传质系数 k_L 和气液接触面积 a 的乘积. 在曝气的过程中, 由于絮状污泥会附着在气泡的表面, 这种吸附关系会导致气液接触面积 a 下降; 而相对应的好氧颗粒污泥

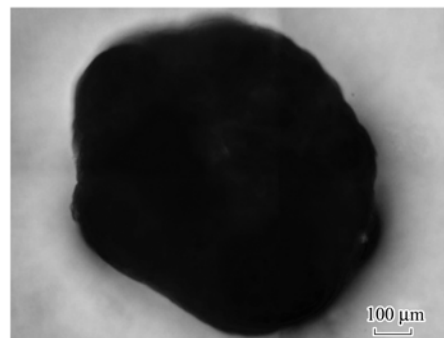
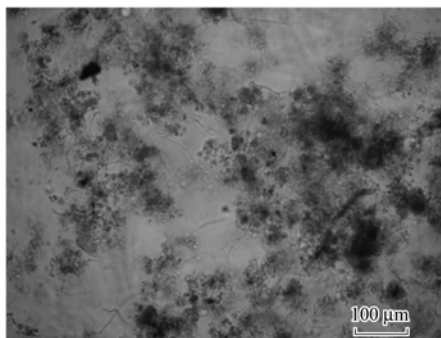


图5 不同的污泥形态对比

Fig. 5 Morphology of sludge formed in different reactors

在曝气的过程中和气泡是一种碰撞关系,并不会影响气液接触面积 a ,而且气液传质系数 k_L 只和气体和液体本身性质以及外界温度等有关.因此,二者对于气液接触面积 a 的影响不同就导致了好氧颗粒污泥的 k_La 大于传统活性污泥.

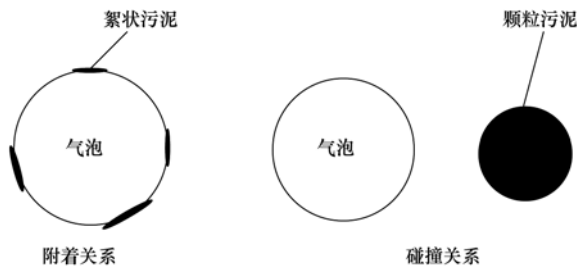


图 6 不同形态污泥和气泡位置关系

Fig. 6 Relationship of bubbles and different types of sludge

在污水处理工艺中污泥浓度是一个重要的控制参数^[9],并且随着污泥浓度的提高,污泥之间的空隙发生变化也会影响氧气在水中的传递^[10].对比好氧颗粒污泥和传统活性污泥的 k_La (图 4)发现:传统活性污泥的 k_La 随着浓度的增加呈现出逐渐减小的趋势;好氧颗粒污泥的 k_La 基本维持恒定,并且在高浓度的时候还略有上升.

由于传统活性污泥随着污泥浓度的增加,附着在气泡表面的絮体会越来越多(图 7),气液接触面积 a 会随着污泥浓度的增加进一步减小,因此传统活性污泥随着污泥浓度的增加其 k_La 会减小.而对于好氧颗粒污泥而言,颗粒和气泡之间的碰撞关系(图 6)并不会随着污泥浓度的增大而改变,所以气液接触面积 a 并不会随着污泥浓度的增大减小,相反的是颗粒和气泡的这种碰撞作用起到了一种搅拌的作用,反而会使得好氧颗粒污泥的 k_La 在浓度升高时会有一些轻微的增大,因此污泥浓度对好氧颗粒污泥的 k_La 影响很小.

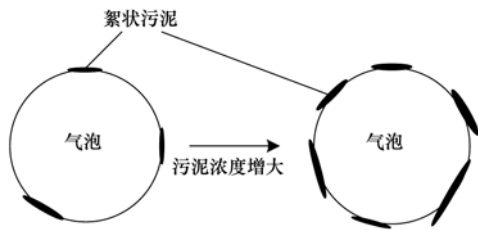


图 7 不同条件下絮体覆盖气泡表面情形

Fig. 7 Coverage of flocs on the surface of bubbles with different sludge concentrations

2.2 不同粒径下的好氧颗粒污泥表观特性对 k_La 的影响

通过对比好氧颗粒污泥和传统活性污泥的

k_La ,发现好氧颗粒污泥相对于传统活性污泥在混合液气液传质方面有着明显的优势,而且根据好氧颗粒污泥在不同浓度下的 k_La 可以看出污泥浓度并不是影响好氧颗粒污泥 k_La 的因素.

在污泥颗粒化的过程中粒径是最显著的变化特征,因此从粒径入手,通过颗粒污泥的表观特性来探索影响好氧颗粒污泥 k_La 的因素.取实验室气提式反应器内颗粒,筛分为粒径大于 1 mm 的大颗粒和粒径为 0.2 ~ 1 mm 的小颗粒,如图 6 所示,分别测量大、小颗粒在 MLSS、体积、表面积、个数 4 项表观特性相同下的 k_La .

所得结果如表 3 所示,可以看出筛分粒径后大、小颗粒在每一种表观特性相同的情况下, k_La 相差均不大.说明无论大颗粒和小颗粒都存在如图 6 所示的颗粒污泥和气泡的碰撞关系,这种碰撞关系在颗粒形成后并不会随着颗粒粒径的改变而产生较大的变化,相对于絮状污泥而言,成熟的好氧颗粒污泥粒径变化前后颗粒污泥的体积都和气泡体积在一个数量级上,这样才能够使得这种碰撞关系得以延续,粒径的差异对 k_La 是没有明显影响的.因此通过表 3 中所列出的 4 种表观特性对好氧颗粒污泥 k_La 的影响,可以推断颗粒污泥的浓度、体积、表面积、个数对好氧颗粒污泥系统 k_La 的影响并不明显.

表 3 好氧颗粒污泥在不同表观特性下的 k_La/min^{-1}

Table 3 The k_La of aerobic granular sludge with different

apparent characteristics/ min^{-1}					
清水	大颗粒	小颗粒与大颗粒对应项			
		MLSS 相同	体积相同	表面积相同	个数相同
0.908 9	0.571 1	0.547 3	0.556 2	0.555 5	0.580 7

3 结论

(1)相同污泥浓度下,好氧颗粒污泥的体积溶氧传递系数 k_La 高于传统活性污泥,并且随着污泥浓度的升高,这种差别更明显.说明好氧颗粒污泥的气液传质优于传统活性污泥.推断原因主要是由于好氧颗粒与传统活性污泥絮体在大小尺寸上的差异,使得它们与气泡的位置关系不同.

(2)对于颗粒污泥系统而言,污泥浓度的变化对 k_La 的影响甚微,而传统活性污泥系统的 k_La 则会随着污泥浓度的增大而减小.且污泥浓度、体积、表面积、数量对好氧颗粒污泥系统 k_La 的影响都不显著.表明好氧颗粒污泥系统在曝气过程中具有节能的潜力.

参考文献:

[1] 石岩.城市生活污水处理厂三相体系中氧传质影响因素的研

- 究[D]. 新乡: 河南师范大学, 2010.
- [2] Nouri J, Jafarinia M, Naddafi K, *et al.* Energy recovery from wastewater treatment plant [J]. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2006, **9**(1): 3-6.
- [3] Barboza M, Zaiat M, Hokka C O. General relationship for volumetric oxygen transfer coefficient ($k_L a$) prediction in tower bioreactors utilizing immobilized cells [J]. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 2000, **22**(2): 181-184.
- [4] 汤利华, 孟广耀. 水深对曝气过程中氧总转移系数的影响[J]. *同济大学学报(自然科学版)*, 2007, **35**(6): 760-763.
- [5] Tay J H, Liu Q S, Liu Y. The effects of shear force on the formation, structure and metabolism of aerobic granules [J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2001, **57**(1-2): 227-233.
- [6] 李志华, 张婷, 吴杰, 等. 异养菌与自养菌对好氧颗粒污泥稳定性的影响[J]. *土木建筑与环境工程*, 2010, **32**(5): 76-81.
- [7] 王芳, 杨凤林, 张兴文, 等. 不同有机负荷下好氧颗粒污泥的特性[J]. *中国给水排水*, 2004, **20**(11): 46-48.
- [8] 王强, 陈坚, 堵国成. 选择压法培育好氧颗粒污泥的试验[J]. *环境科学*, 2003, **24**(4): 99-104.
- [9] 许保玖. 当代给水与废水处理原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990.
- [10] Henkel J, Siembida-Lösch B, Wagner M. Floc volume effects in suspensions and its relevance for wastewater engineering [J]. *Environmental Science & Technology*, 2011, **45**(20): 8788-8793.

CONTENTS

Concentrations and Ozone Formation Potentials of BTEX During 2008-2010 in Urban Beijing, China	CAO Han-yu, PAN Yue-peng, WANG Hui, <i>et al.</i> (2065)
Aging and Mixing State of Particulate Matter During Aerosol Pollution Episode in Autumn Shanghai Using a Single Particle Aerosol Mass Spectrometer (SPAMS)	MU Ying-ying, LOU Sheng-rong, CHEN Chang-hong, <i>et al.</i> (2071)
Chemical Characteristics and Source Assessment of Rainwater at Shenyang	ZHANG Lin-jing, ZHANG Xiu-ying, JIANG Hong, <i>et al.</i> (2081)
Variation of Atmospheric Pollutants in Qinhuangdao City	LIU Lu-ning, SHEN Yu-xuan, XIN Jin-yuan, <i>et al.</i> (2089)
NH ₃ , N ₂ O, CH ₄ and CO ₂ Emissions from Growing Process of Caged Broilers	ZHOU Zhong-kai, ZHU Zhi-ping, DONG Hong-min, <i>et al.</i> (2098)
Synergetic Effects of Silicon Carbide and Molecular Sieve Loaded Catalyst on Microwave Assisted Catalytic Oxidation of Toluene	WANG Xiao-hui, BO Long-li, LIU Hai-nan, <i>et al.</i> (2107)
Removal of Mixed Waste Gases by the Biotrickling Filter	ZHANG Ding-feng, FANG Jun-yi, YE Jie-xu, <i>et al.</i> (2116)
Decomposition of Carbon Disulfide by Pulse Corona Under Oxidizing and Reducing Atmosphere	JIN Sheng, HUANG Li-wei, LI Guo-ping (2121)
Effects of Simulated Elevation of Atmospheric CO ₂ Concentration on the Physiological Features of Spring Phytoplankton in Taihu Lake	ZHAO Xu-hui, TANG Long-sheng, SHI Xiao-li, <i>et al.</i> (2126)
A New Method for Estimation of the Lake Quality Reference Condition	HUA Zu-lin, WANG Liang (2134)
Parameter Sensitivity Analysis of Runoff Simulation and Model Adaptability Research Based on HSPF	LI Yan, LI Zhao-fu, XI Qing (2139)
Study on Water Quality Monitoring Scheme Based on Non-Point Source Pollution	WU Xi-jun, LI Huai-en, LI Jia-ke, <i>et al.</i> (2146)
Characteristics of Nutrient Loss by Runoff in Sloping Arable Land of Yellow-brown Under Different Rainfall Intensities	CHEN Ling, LIU De-fu, SONG Lin-xu, <i>et al.</i> (2151)
Distribution of Dissolved Inorganic Nutrients and Dissolved Oxygen in the High Frequency Area of Harmful Algal Blooms in the East China Sea in Spring	LI Hong-mei, SHI Xiao-yong, CHEN Peng, <i>et al.</i> (2159)
Temporal-Spatial Distribution of Algal Cells During Drought Period in Daning River of Three Gorges	ZHANG Yong-sheng, ZHENG Bing-hui, WANG Kun, <i>et al.</i> (2166)
Bioavailability of Dissolved Organic Nitrogen Components in the Lake Sediment to Algae	FENG Wei-ying, ZHANG Sheng, JIAO Li-xin, <i>et al.</i> (2176)
Influence of Decomposition of <i>Cladophora</i> sp. on Phosphorus Concentrations and Forms in the Overlying Water	HOU Jin-zhi, WEI Quan, GAO Li, <i>et al.</i> (2184)
Phosphorus Exchange Between Suspended Solids Sediments Overlying Water Under Repeated Disturbance	LI Da-peng, WANG Jing, HUANG Yong (2191)
Distribution Characteristics of PBDEs in Surface Sediment from the Three Gorges Reservoir of Yangtze River	LI Kun, ZHAO Gao-feng, ZHOU Huai-dong, <i>et al.</i> (2198)
Study on UV and H ₂ O ₂ Combined Inactivation of <i>E. coli</i> in Drinking Water	ZHANG Yi-qing, ZHOU Ling-ling, ZHANG Yong-ji (2205)
Kinetics and Influencing Factors of Dimethyl Phthalate Degradation in Aqueous Solution by Ozonation	YU Li, ZHANG Pei-long, HOU Jia-cai, <i>et al.</i> (2210)
Effects of Nitrate Ion on Monomethylmercury Photodegradation in Water Body	MAO Wen, SUN Rong-guo, WANG Ding-yong, <i>et al.</i> (2218)
Chlorination of Ethynyl Estradiol: A Kinetic and Mechanistic Study	WANG Bin-nan, LIU Guo-qiang, KONG De-yang, <i>et al.</i> (2225)
Metal Ions Restrained the Elimination of 4- <i>tert</i> -Octylphenol by δ -MnO ₂	LI Fei-li, MOU Hua-qian (2232)
Removal of Bisphenol A in Aqueous Solutions by Core-shell Magnetic Molecularly Imprinted Polymers	LIU Jian-ming, LI Hong-hong, XIONG Zhen-hu (2240)
Research on Removal of Tetrabromobisphenol A from Synthetic Wastewater by Nanoscale Zero Valent Iron Supported on Organobentonite	YAN Meng-yue, PANG Zhi-hua, LI Xiao-ming, <i>et al.</i> (2249)
Measurement of Dissolved Organic Nitrogen with Nanofiltration Pretreatment and Its Distribution Characteristics in Landscape Water	YU Hong-lei, HUO Shou-liang, YANG Zhou-sheng, <i>et al.</i> (2256)
Preparation of a Novel Modified Hydrogel and Study of Its Adsorption Performance	WU Ning-mei, LI Zheng-kui (2263)
Photocatalytic Reductive Degradation of Direct Red 4BE by Phosphotungstic Acid	WEI Hong, LI Ke-bin, LI Juan, <i>et al.</i> (2271)
Wastewater Treatment Using a Microbubble Aerated Biofilm Reactor	ZHANG Lei, LIU Ping, MA Jin, <i>et al.</i> (2277)
Research on Fenton Treatment of the Biochemical Processes Effluent of Bamboo Industry Wastewater	GUO Qing-wen, ZHANG Min, WANG Wei, <i>et al.</i> (2283)
Effect of Fe ²⁺ on Fermentation Hydrogen Production in an UASB	LI Yong-feng, WANG Yi-xuan, CHENG Guo-ling, <i>et al.</i> (2290)
Influence of Substrate Concentration on PHA Production Using Fermented Sugar Cane as Substrate	CHEN Zhi-qiang, DENG Yi, HUANG Long, <i>et al.</i> (2295)
Study on Rapid Start-up of a Nitrifying Process Using Aerobic Granular Sludge as Seed Sludge	LIU Wen-ru, SHEN Yao-liang, DING Ling-ling, <i>et al.</i> (2302)
Influencing Factors of High-Concentration Lead Removal Using the Phosphorus-Accumulating Sludge	YANG Min, LU Long, FENG Yong, <i>et al.</i> (2309)
Preliminary Study on Characteristics of Volumetric Oxygen Transfer Coefficient in Granular Sludge Systems	LI Zhi-hua, FAN Chang-qing, WANG Xiao-chang (2314)
Ecological Risk Assessment of Bisphenol A in Chinese Freshwaters	WANG Hao, FENG Cheng-lian, GUO Guang-hui, <i>et al.</i> (2319)
Species Sensitivity Evaluation of <i>Pseudorasbora parva</i>	WANG Xiao-nan, LIU Zheng-tao, YAN Zhen-guang, <i>et al.</i> (2329)
Comparison of Aquatic Predicted No-Effect Concentrations (PNECs) for Pentachlorophenol Derived from Different Assessment Approaches	LEI Bing-li, WEN Yu, WANG Yi-pei, <i>et al.</i> (2335)
Study on Hair Hg and Pb Content Distribution of Traffic Polices, Guilin	QIAN Jian-ping, ZHANG Li, LI Cheng-chao, <i>et al.</i> (2344)
Changes in Phototaxical Index of <i>Daphnia carinata</i> Under Electric Field of Direct Current in Response to Cr ⁶⁺ and Hg ²⁺	WANG Fei-xiang, YUAN Ling, HUANG Jian-guo (2350)
Effect of UV-B Radiation on the Chemical Composition and Subsequent Decomposition of <i>Cyclobalanopsis glauca</i> Leaf Litter	SONG Xin-zhang, BU Tao, ZHANG Shui-kui, <i>et al.</i> (2355)
Leaf Micro-morphology and Features in Adsorbing Air Suspended Particulate Matter and Accumulating Heavy Metals in Seven Tress Species	LIU Ling, FANG Yan-ming, WANG Shun-chang, <i>et al.</i> (2361)
Effect of Dissolved Oxygen on Microbial Community in Simultaneous Removal of Carbon, Nitrogen and Sulfur Process	YU Hao, CHEN Chuan, ZHANG Li, <i>et al.</i> (2368)
Microbial Activity and Community Structure Analysis Under the Different Land Use Patterns in Farmland Soils: Based on the Methods PLFA and MicroResp TM	CHEN Xiao-juan, WU Xiao-hong, LIU Shou-long, <i>et al.</i> (2375)
Effects of Drying-rewetting Alternation on Nitrogen Dynamics in a Typical Coastal Wetland: A Simulation Study	HAN Jian-gang, CAO Xue (2383)
Cadmium and Selected Heavy Metals in Soils of Jianping Area in Wushan County, the Three Gorges Region: Distribution and Source Recognition	LIU Yi-zhang, XIAO Tang-fu, NING Zeng-ping, <i>et al.</i> (2390)
Total Contents of Heavy Metals and Their Chemical Fractionation in Agricultural Soils at Different Locations of Beijing City	CHEN Zhi-fan, ZHAO Ye, GUO Ting-zhong, <i>et al.</i> (2399)
Influence of Season Change on the Level of Heavy Metals in Outdoor Settled Dusts in Different Functional Areas of Guiyang City	LI Xiao-yan (2407)
Characteristics of Dioxin-Like Polychlorinated Biphenyls Contamination in Soils of Gudao Region in Dongying	WANG Deng-ge, CUI Zhao-jie, FU Xiao-wen, <i>et al.</i> (2416)
Effects of Simulated Nitrogen Deposition on Organic Matter Leaching in Forest Soil	DUAN Lei, MA Xiao-xiao, YU De-xiang, <i>et al.</i> (2422)
<i>Ex-situ</i> Remediation of PAHs Contaminated Site by Successive Methyl- β -Cyclodextrin Enhanced Soil Washing	SUN Ming-ming, TENG Ying, LUO Yong-ming, <i>et al.</i> (2428)
Effects of <i>Bacillus mucilaginosus</i> on the Cd Content of Rhizosphere Soil and Enzymes in Soil of <i>Brassica juncea</i>	YANG Rong, LI Bo-wen, LIU Wei (2436)
Concentrations of Antibiotics in Vegetables from Manure-mended Farm	WU Xiao-lian, XIANG Lei, MO Ce-hui, <i>et al.</i> (2442)
Characteristics of Organic Nitrogen Mineralization in Organic Waste Compost-Amended Soil	ZHANG Xu, XI Bei-dou, ZHAO Yue, <i>et al.</i> (2448)
Characteristics and Influence Factors of the Energy Consumption and Pollutant Discharge of Municipal Solid Waste Transfer Stations in Beijing	WANG Zhao, LI Zhen-shan, FENG Ya-bin, <i>et al.</i> (2456)
Influence of Ammonia on Leaching Behaviors of Incineration Fly Ash and Its Geochemical Modeling	GUAN Zhen-zhen, CHEN De-zhen, Thomas Astrup (2464)
Pretreatment Technology for Fly Ash from MSWI and the Corresponding Study of Chloride Behavior	ZHU Fen-fen, Takaoka Masaki, Oshita Kazuyuki, <i>et al.</i> (2473)
Preparation, Characterization and Adsorption Performance of Mesoporous Activated Carbon with Acidic Groups	LI Kun-quan, LI Ye, ZHENG Zheng, <i>et al.</i> (2479)
Preliminary Assessment of the Potential of Biochar Technology in Mitigating the Greenhouse Effect in China	JIANG Zhi-xiang, ZHENG Hao, LI Feng-min, <i>et al.</i> (2486)
Research of Potassium Flow and Circulation Based on Substance Flow Analysis	BAI Hua, ZENG Si-yu, DONG Xin, <i>et al.</i> (2493)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 汤鸿霄 陈吉宁 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2013年6月15日 34卷 第6期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 34 No. 6 Jun. 15, 2013

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 90.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行