

造粒流化床对不同形态污染物的强化去除

李志华^{1,2}, 王 振^{1,2}, 王晓昌^{1,2}, 李 侃^{1,2}, 李金容^{1,2}, 李佳育^{1,2}

(1 西安建筑科技大学 环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055; 2 西安建筑科技大学
西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 陕西 西安 710055)

摘 要: 分别采用溶解性葡萄糖和颗粒性淀粉作为配水中的有机物,考察了混凝(烧杯试验)及造粒流化床对有机物的去除特性。研究表明,对于溶解性有机物(COD)而言,混凝对其去除效果非常有限,去除率仅为 13.3%,而大部分的颗粒性有机物可通过混凝作用去除;造粒流化床对溶解性有机物(COD)的去除率高达 97.8%,远远高于混凝及强化一级处理(CEPT)的。由于颗粒的形成,使得造粒流化床所去除的污染物不仅包括混凝可沉淀和可混凝但不可沉淀两部分,甚至还去除了相当一部分不可混凝的污染物,这是造粒流化床去除效率较高的原因。另外,颗粒的形成对于去除溶解性有机物的强化作用要明显高于对颗粒性有机物的。

关键词: 造粒流化床; 溶解性有机物; 颗粒性有机物; 混凝

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2009)05-0029-04

Enhanced Contaminant Removal in Fluidized Pellet Bed Reactor

LI Zhi-hua^{1,2}, WANG Zhen^{1,2}, WANG Xiao-chang^{1,2}, LI Kan^{1,2}, LI Jin-rong^{1,2},
LI Jia-yu^{1,2}

(1 School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China; 2 Key Laboratory of Northwest Water Resources, Environment and Ecology <Ministry of Education>, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: Using soluble glucose and particulate starch as organic matters in the feeding water, the contaminant removal efficiency was investigated in jar test and the fluidized pellet bed reactor. Only a fraction, i.e. 13.3%, of soluble organic matters can be removed by coagulation; however, most particulate organic matters are removed in the jar test. In the fluidized pellet bed reactor, 97.8% of soluble COD is removed, and the result is better than that in the jar test or chemical enhanced primary treatment (CEPT). The fluidized pellet bed reactor can remove coagulable-and-settleable and coagulable-but-non-settleable matters, even a large fraction of noncoagulable matters. This leads to the high contaminant removal efficiency in the fluidized pellet bed reactor. Additionally, the formation of pellets enhances the removal efficiency of soluble organic matters more significantly than that of particulate organic matters.

Key words: fluidized pellet bed; soluble organic matter; particulate organic matter; coagulation

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50778148、50708089); 国家高技术研究发展计划(863)项目(2006AA06Z328)

生物造粒流化床是结合造粒流化床固液分离技术与活性污泥法而开发的一种新型污水处理工艺,它能在一个单元中同时实现污水生物处理和固液分离,可高效去除污水中的悬浮物和有机物,并迅速完成固液分离。目前,对其去除效率及污泥特性的研究较多^[1~5],但尚未见对不同形态有机物去除机理的研究报道。为此,采用溶解性葡萄糖和颗粒性淀粉作为配水中不同形态的有机物,通过烧杯试验和造粒流化床连续流试验,考察了造粒流化床对不同形态有机物的去除效率,为进一步研究去除污染物的机理提供基础数据。

1 试验装置与方法

试验装置如图 1 所示。

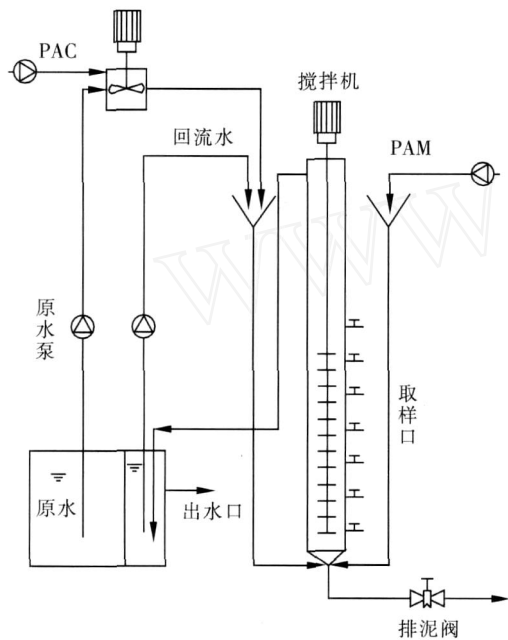


图 1 造粒流化床的结构

Fig 1 Schematic diagram of fluidized pellet bed reactor

造粒流化床的内径为 5 cm,高为 150 cm。试验过程中控制上升流速为 4 mm/s,回流比为 1:1,聚合氯化铝 (PAC) 的投加量为 20 mg/L,聚丙烯酰胺 (PAM) 的投加量为 2 mg/L。原水的氮源为氯化铵,浓度为 30 mg/L;磷由磷酸二氢钾提供,浓度为 10 mg/L;采用葡萄糖或颗粒性淀粉作为有机碳源,其 COD 约为 300 mg/L。

烧杯试验采用 ZR3-6 六联搅拌器,先在 200 r/min 下搅拌 3 min,再于 80 r/min 下搅拌 15 min,静置沉淀 30 min 后取上清液测定,每个样平行测定 3 次;加入 PAC 搅拌 1 min 后再加入 PAM,投加量

与连续流试验的相同。取上清液进行测定,其相对原水的去除部分称之为混凝可沉淀部分;上清液经过 0.45 μm 滤膜过滤后,其进一步去除的部分称之为可混凝但不可沉淀部分,其余的则称之为不可混凝部分。

2 结果与讨论

2.1 烧杯试验

烧杯试验结果见表 1。

表 1 烧杯试验结果

Tab 1 Jar test result $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项 目	葡萄糖为碳源			淀粉为碳源		
	COD	氨氮	总磷	COD	氨氮	总磷
混凝可沉淀	40.2	1.6	0.2	290	3.7	0.3
混凝不可沉淀	9.0	1.0	0.3	10	1.1	0.7
不可混凝	207.5	27.3	8.4	1.5	20.6	7.9

对于溶解性葡萄糖,其混凝可沉淀部分的 COD 占原水总 COD 的 13.3%,表明仅仅通过混凝处理则对溶解性葡萄糖的去除效果有限;而对于颗粒性淀粉,其混凝可沉淀部分的 COD 占原水总 COD 的 96.7%,即通过混凝处理可将大部分颗粒性有机物去除。对氨氮和总磷的去除效果在不同形态有机物的条件下区别不大。

对混凝过程中所形成的絮体形态进行观察,当添加溶解性葡萄糖时,形成的絮体较为密实,粒径较小;而添加颗粒性淀粉时形成的絮体粒径大,但结构松散 (见图 2)。由此可以推断原水中有有机物的形态对于所形成絮体的结构有重要的影响。此外还发现,颗粒性淀粉配水经混凝后其上清液的浊度要比溶解性葡萄糖的低很多,表明混凝对颗粒态有机物的去除效果明显。

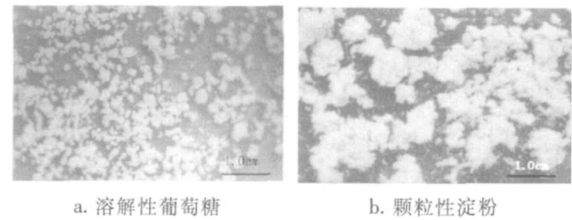


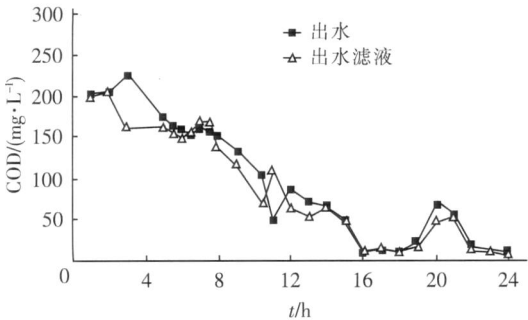
图 2 有机物形态对混凝所形成絮体的影响

Fig 2 Effect of organic matter types on morphology of flocs

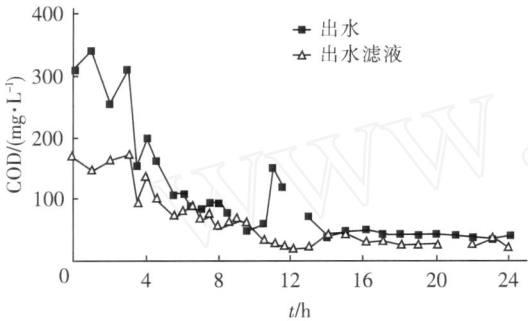
2.2 连续流试验

在与烧杯混凝试验相同的投药条件下,采用不同有机物形态的两种配水在造粒流化床中进行连续流试验。根据 COD、氨氮和总磷的下降情况可将试

验过程分为三个阶段,即颗粒形成期、过渡期和成熟期。就 COD 而言,前 4 h 的去除率只有 20%左右,与烧杯试验结果相差不大,为颗粒形成期;在 4~12 h 去除率逐渐增加,为过渡期;此后颗粒达到稳定状态,为成熟期(见图 3)。对于氨氮和总磷也表现为同样的变化趋势。



a. 以溶解性葡萄糖为碳源



b. 以颗粒性淀粉为碳源

图 3 有机碳源不同时造粒流化床对 COD 的去除效果
Fig 3 Removal efficiency of COD in fluidized pellet bed using soluble glucose and particulate starch as substrate respectively

造粒流化床和烧杯试验对 COD、氨氮和总磷去除效果的比较见表 2。

表 2 相同投药条件下烧杯试验与造粒流化床的除污效果对比

Tab 2 Removal efficiency of pollutants by jar test and in a fluidized pellet bed reactor %

项 目	溶解性葡萄糖为碳源			颗粒性淀粉为碳源		
	COD	氨氮	总磷	COD	氨氮	总磷
烧杯试验去除率	13.4	5.3	2.0	96.7	12.3	3.0
造粒流化床去除率	97.8	63.3	50.0	86.7	47.1	34.9

对于以溶解性葡萄糖为有机物的进水,各种污染物的去除率在颗粒成熟后都得到了极大的提高,对 COD、氨氮和总磷的去除率分别达到 97.8%、63.3%和 50.0%。对于以颗粒性淀粉为碳源的配

水,在成熟期对 COD、氨氮的去除率相比颗粒形成期也有明显的提高,但对总磷的去除率变化不明显,对 COD、氨氮和总磷的去除率分别达到 86.7%、47.1%和 34.9%。由此可以推断颗粒的形成是造成造粒流化床的除污效果远高于烧杯试验的主要原因,且提高的程度与污染物的存在形态有密切的联系,即造粒流化床可以明显提高对溶解性污染物的去除率。有研究报道,化学强化一级处理 (CEPT)对 COD 的去除率 <70%^[6,7],而造粒流化床对 COD 的去除率要远高于 CEPT 工艺^[3]。从图 3 可见,造粒流化床出水及其过滤液之间的水质差别不大,表明造粒流化床出水中混凝但不可沉淀的物质较少,也就是说该类物质在造粒流化床中得到了很好的去除。对比表 1 和表 2,可知造粒流化床所去除的污染物不仅包括混凝可沉淀和可混凝但不可沉淀两部分,甚至还去除了相当一部分不可混凝的污染物。这是造粒流化床的除污效果明显高于 CEPT 工艺的主要原因。造粒流化床去除污染物的途径包括:混凝作用、颗粒表面的吸附作用和颗粒的截留作用。

3 结论

造粒流化床对污染物的去除效果要优于强化一级处理工艺。在颗粒形成后,其对污染物的去除效果有所提高,且对溶解性污染物去除效果的提高幅度要优于对颗粒态污染物的。

造粒流化床所去除的污染物不仅包括混凝可沉淀和可混凝但不可沉淀两部分,甚至还去除了相当一部分不可混凝的污染物,而这部分物质是常规混凝工艺或强化一级处理所无法去除甚至转化的。

参考文献:

[1] 王晓昌. 自我造粒型流化床中颗粒流态的试验测定 [J]. 西安建筑科技大学学报, 1999, 31 (2): 194 - 197.
[2] 王晓昌,袁宏林,谭长宏. 造粒型高效固液分离技术用于电厂废水再生的试验研究 [J]. 给水排水, 2001, 27 (8): 39 - 41.
[3] Wang X C, Yuan H L, Liu Y J, et al Fluidised pellet bed bioreactor: a promising technology for onsite wastewater treatment and reuse [J]. Water Sci Technol, 2007, 55 (1 - 2): 59 - 67.
[4] Tambo N, Wang X C Application of fluidized pellet bed technique in the treatment of highly coloured and turbid water [J]. J Water SRT-Aqua, 1993, 42 (5): 301 - 309.

(下转第 36 页)

中污泥的 EPS 含量要明显高于混合液中污泥的 EPS 含量。

参考文献:

- [1] Li X F, Gao F S, Hua Z Z, *et al* Treatment of synthetic wastewater by a novel MBR with granular sludge developed for controlling membrane fouling [J]. Sep Purif Technol, 2005, 46 (1 - 2): 19 - 25
- [2] Li Xiufen, Li Yanjun, Liu He, *et al* Characteristics of aerobic biogranules from membrane bioreactor system [J]. J Membr Sci, 2007, 287 (2): 294 - 299
- [3] 国家环保局. 水和废水监测分析方法 (第 3 版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1989
- [4] 张树国, 顾国维, 吴志超. 膜生物反应器中污泥特性对膜污染的影响研究 [J]. 工业水处理, 2003, 23 (12): 8 - 11
- [5] 张自杰. 排水工程 (下册) (第 3 版) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996
- [6] Reid E, Liu Xingrong, Judd S J. Sludge characteristics and membrane fouling in full-scale submerged membrane bioreactors [J]. Desalination, 2008, 219 (1 - 3): 240 - 249
- [7] Schwarzenbeck N, Borges J M, Wilderer P A. Treatment of dairy effluents in an aerobic granular sludge sequencing batch reactor [J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2005, 66: 711 - 718
- [8] Sunil S Adav, Lee Duu-Jong, Show Kuan-Yeow, *et al* Aerobic granular sludge: Recent advances [J]. Biotechnol Adv, 2008, 26 (5): 411 - 423
- [9] Lyko S, Djamila Al-Halbouni, Thomas Wintgens, *et al* Polymeric compounds in activated sludge supernatant: Characterisation and retention mechanisms at a full-scale municipal membrane bioreactor [J]. Water Res, 2007, 41 (17): 3894 - 3902
- [10] Li Xiu-Fen, Li Yan-Jun, Liu He, *et al* Correlation between extracellular polymeric substances and aerobic biogranulation in membrane bioreactor [J]. Sep Purif Technol, 2008, 59 (1): 26 - 33
- [11] Zhang Bin, Sun Baosheng, Ji Min, *et al* Extraction and analysis of extracellular polymeric substances in membrane fouling in submerged MBR [J]. Desalination, 2008, 227 (1 - 3): 286 - 294
- 作者简介: 邢锴 (1983 -), 男, 甘肃天水人, 博士研究生, 主要从事膜技术研究。
电话: (022) 27408298 13821381967
E-mail: haotiee@163.com
收稿日期: 2008 - 10 - 23
- (上接第 31 页)
- [5] Wang X C, Jin P K, Yuan H L, *et al* Pilot study of a fluidized-pellet-bed technique for simultaneous solid/liquid separation and sludge thickening in a sewage treatment plant [J]. Water Sci Technol, 2004, 49 (10): 81 - 88
- [6] Poon C S, Chu C W. The use of ferric chloride and anionic polymer in the chemically assisted primary sedimentation process [J]. Chemosphere, 1999, 39 (10): 1573 - 1582
- [7] Zhang Z B, Zhao J F, Xia S Q, *et al* Particle size distribution and removal by a chemical - biological flocculation process [J]. J Environ Sci (China), 2007, 19 (5): 559 - 563
- 作者简介: 李志华 (1976 -), 男, 湖南郴州人, 工学博士, 副教授, 主要从事污水生物处理技术研究。
电话: 13649274854
E-mail: lizhuhua@gmail.com
收稿日期: 2008 - 10 - 28

浪费和污染水是人类对水资源的最大侵害