

新型硅系混凝剂用于污水除磷

邱兆富¹, 周 琪², 侯红娟³, 李风亭²

(1. 华东理工大学资源与环境工程学院, 上海 200237; 2. 同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092; 3. 宝钢研究院环境与资源研究所, 上海 201900)

[摘要] 在 3 套处理生活污水的间歇式试验装置内, 比较了两种投加方式下聚硅硫酸铁和聚硅氯化铝的除磷性能。结果表明, 当混凝剂投加质量浓度在 10~50 mg/L 时, 聚硅硫酸铁对 TP 和 COD 的去除效果均优于聚硅氯化铝, 而当投加质量浓度低于 50 mg/L 时, 聚硅硫酸铁对 TP 的去除具有生物协同作用, 适用于好氧生物反应器除磷。

[关键词] 聚硅硫酸铁; 聚硅氯化铝; 生活污水; 除磷

[中图分类号] X703 [文献标识码] B [文章编号] 1005-829X(2008)03-0033-03

Application of the new type of dosing coagulants with silicon to phosphorus removal from domestic sewage

Qiu Zhaofu¹, Zhou Qi², Hou Hongjuan³, Li Fengting²

(1. College of Resource and Environmental Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China; 2. State Key Lab for Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China; 3. Institute of Environment and Resources, Baoshan Iron & Steel Co., Ltd., Shanghai 201900, China)

Abstract: The phosphorus removal capability of two new-typed coagulants with silicon, which are poly-ferric silicate sulfate (PFSS) and pol-aluminum silicate chloride (PASC), has been compared under two dosing methods in three sets of batch laboratory scale apparatus for treating domestic sewage. According to the experimental results, it is concluded that both total phosphorus and COD removal capabilities of PFSS are higher than PASC as the dosage is 10~50 mg/L. If PFSS is put in the aerobic tank and the dosage is less than 50 mg/L, the biologic synergic action of TP removal is found. So it is particularly suitable for PFSS being dosing in aerobic bioreactor for TP removal.

Key words: poly-ferric silicate sulfate; poly-aluminum silicate chloride; domestic sewage; phosphorus removal

城市污水生物法脱氮除磷工艺中, 当对出水 TP 的要求较高时, 通常采用投加混凝剂的方法保证出水 TP 达标。本试验采用的混凝剂为聚硅硫酸铁 (Fe³⁺质量分数 11%) 和聚硅氯化铝 (Al₂O₃ 质量分数 10%)。这两种混凝剂是以硅颗粒为主, 以铁、铝聚合离子为辅的新型生态型混凝剂, 具有优于现有混凝剂的特性, 而且可以避免产生二次污染。

笔者在污水好氧生物处理系统中, 比较了不同投加方式、不同混凝剂的除磷性能; 考察了投加混凝剂后 COD 和氨氮去除效果的变化。

1 材料与方法

1.1 试验装置

试验采用 3 套相同的间歇式试验装置平行运

行。单套装置如图 1 所示, 其中 SBR 为圆柱形, 直径 120 mm, 高 500 mm, 有效容积 5 L。SBR 每天运行 4 个周期, 每个周期的时间分配为曝气 5 h, 沉淀、排水及换水 1 h, 每次换水量为 3 L。SBR 的接种污泥取自上海曲阳污水处理厂回流污泥泵站集泥池。

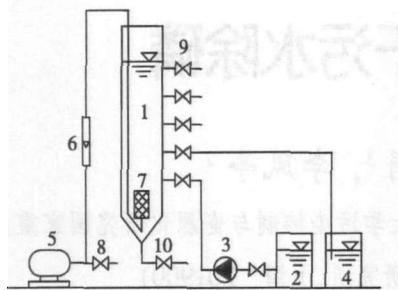
1.2 试验用水

试验用水为某住宅小区生活污水, 其水质见表 1。

表 1 原水水质

项目	COD/ (mg·L ⁻¹)	TKN/ (mg·L ⁻¹)	NH ₄ ⁺ -N/ (mg·L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ -N/ (mg·L ⁻¹)	TP/ (mg·L ⁻¹)	pH
数值	173~ 723	17.60~ 65.80	10.18~ 47.73	0~2.01	1.74~ 11.84	6.5~ 7.5
平均	372	34.92	27.41	0.96	3.96	—

[基金项目] 国家 863 计划资助项目 (2002AA601023)



1—SBR;2—进水箱;3—计量泵;4—出水箱;5—空气泵;6—转子流量计;7—曝气砂头;8—气量调节阀;9—取样口;10—排泥阀

图1 间歇式试验装置

1.3 试验方法

根据混凝剂投加点的不同,污水化学除磷方法分为三种:前混凝法、投加混凝剂活性污泥法和后混凝法。前混凝法中混凝剂的投加点在初沉池前或初沉池内;投加混凝剂活性污泥法是将混凝剂直接投加到生物反应器中;而后混凝法是将混凝剂投加到生物处理的出水中。考虑到我国南方城市污水处理厂的进水中污染物浓度一般偏低^[1-3],因前混凝法在除磷的同时能去除一部分有机物,导致后续的生物脱氮除磷碳源不足,因此不宜采用。本试验采用后两种投加方法。将3个SBR分别编号为1[#]、2[#]和3[#]。在曝气进行至4.5 h时,分别向1[#]、2[#] SBR中投加聚硅氯化铝和聚硅硫酸铁,混凝反应30 min后停止曝气,其出水分别称为(1[#]+Al)出水和(2[#]+Fe)出水;用3[#] SBR出水的大部分进行混凝沉淀试验,一半投加聚硅氯化铝,一半投加聚硅硫酸铁,其出水分别称为(3[#]出水+Al)和(3[#]出水+Fe)。

控制SBR内水温在21~25℃,pH为7左右,溶解氧在2 mg/L以上,MLSS在3.5 g/L左右。混凝剂投加质量浓度分为五个梯度:10、20、30、40和50 mg/L,按从小到大投加。每个梯度下,SBR稳定运行10 d以上。3[#] SBR出水的混凝沉淀试验采用六联搅拌机进行,试验条件为:快速搅拌1 min,转速300 r/min;慢速搅拌10 min,转速50 r/min;沉淀15 min。

1.4 分析项目和方法

pH、水温及溶解氧的测定分别采用德国WTW公司生产的pH330i型pH计和Oxi330i型DO测定仪。其他分析测试项目及方法见参考文献[4]。

2 试验结果与讨论

2.1 COD去除效果

不同投加方式下,聚硅氯化铝和聚硅硫酸铁对COD的去除效果如表2所示。

表2 COD去除效果对比

项目		混凝剂投加质量浓度/(mg·L ⁻¹)				
		10	20	30	40	50
COD/ (mg·L ⁻¹)	进水	457.2	307.8	527.9	395.4	382.7
	(1*+Al)出水	76.5	65.8	69.9	73.8	59.7
	(2*+Al)出水	73.4	53.4	62.6	62.5	55.6
	3*出水	82.0	77.1	73.8	101.2	82.9
	3*出水+Al	84.0	42.3	61.9	82.7	58.5
	3*出水+Fe	83.2	40.8	61.2	76.7	53.0

由表2可知,当混凝剂投加质量浓度大于10 mg/L时,两种投加方式均能提高COD去除率。这是由于生物反应器中投加混凝剂后,化学絮凝、生物絮凝与不完全氧化作用实现了悬浮固体颗粒与金属磷酸盐沉淀物的凝聚及污水中溶解性组分的去除,降低了出水COD^[5]。此外,投加量和投加方式相同时,投加聚硅硫酸铁对COD的去除效果优于聚硅氯化铝。但从总体上看,两种投加方式的COD去除效果没有明显的差别,说明生物协同作用不明显。原因可能是混凝剂对COD的去除主要是通过吸附架桥、沉淀物网捕等作用,去除机理没有区别。

2.2 除磷效果

不同投加方式下,聚硅氯化铝和聚硅硫酸铁对TP的去除效果如表3所示。

表3 TP去除效果对比

项目		混凝剂投加量/(mg·L ⁻¹)				
		10	20	30	40	50
TP/ (mg·L ⁻¹)	进水	4.04	4.14	3.97	4.40	3.49
	(1 [#] +Al)出水	3.16	3.14	1.53	2.52	1.87
	(2 [#] +Al)出水	2.64	2.44	0.95	1.55	1.13
	3 [#] 出水	3.26	3.67	2.27	2.85	2.55
	3 [#] 出水+Al	3.05	3.10	2.03	2.33	1.80
	3 [#] 出水+Fe	3.10	2.93	1.47	1.90	0.99

从表3可知,投加量和投加方式相同时,投加聚硅硫酸铁明显优于聚硅氯化铝,因此应选用聚硅硫酸铁。

聚硅硫酸铁的除磷性能优于聚硅氯化铝是因为前者能够充分发挥聚硅酸和铁盐混凝剂的双重优点。其对磷的去除机理:聚硅铁溶解于水中,铁离子与可溶性磷酸盐发生化学反应,其过程通常包括:(1)形成铁的磷酸盐沉淀Fe(PO₄)₂(OH)₃₋₄; (2)在部分胶体状的氢氧化物表面上磷酸盐被吸附; (3)多核氢氧化铁悬浮体具有凝聚作用,生成不溶于水的金属聚合物。另外,聚硅硫酸铁经水解和缩聚反应形成高分子聚合物,具有线型结构,能够强烈吸附胶体

微粒(即上述磷酸盐沉淀物或吸附磷酸盐的胶体微粒),并在胶体微粒间起到架桥作用,使其相互黏结增大。而且由于纳米硅的作用,还可以改善絮体的黏附特性,提高其密度和强度,加速沉淀。

此外,对于聚硅氯化铝,两种投加方式的除磷效果没有显著区别,表明在生物反应器中投加该混凝剂没有生物协同作用。而对于聚硅硫酸铁,两种投加方式的除磷效果差别显著,TP去除效果对比见图2。

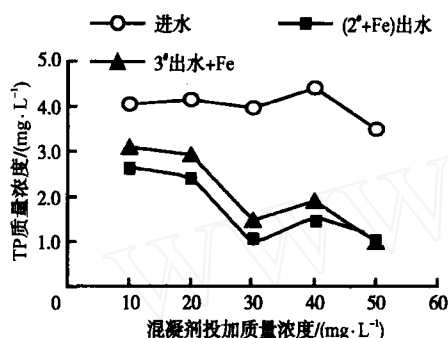


图2 聚硅硫酸铁不同投加方式下TP去除效果对比

由图2可知,当投加质量浓度低于50 mg/L时,投加混凝剂活性污泥法的出水TP明显优于后混凝法,但随着投加量的增加,两种投加方式出水TP的差距减小。这表明,对于除磷,当聚硅硫酸铁投加质量浓度低于50 mg/L时,具有生物协同作用。

在曝气池中投加聚硅硫酸铁用于除磷具有生物协同作用的原因可能是:微生物胞外高分子(EPS)中含27%~30%的磷^[6], Fe^{3+} 会与EPS作用,并对生物絮凝有一定贡献^[7]。在曝气池中投加聚硅硫酸铁后,生物絮凝作用和化学絮凝作用同时存在,生物絮凝作用有助于混凝剂消耗量的降低,即生物协同作用。当混凝剂投加量大到一定程度时,两者的作用相互重叠,生物絮凝所产生的协同作用在表观上消失了,因此当混凝剂投加质量浓度为50 mg/L时,生物协同作用不显著。

2.3 氨氮去除效果

试验装置稳定运行64 d,在不同投加方式下,聚硅氯化铝和聚硅硫酸铁对生物反应器中活性污泥硝化效果的影响如表4所示。

由表4可以看出,在后混凝法中,整体上看,两种混凝剂对 NH_4^+-N 均有一定的去除效果,平均去除率15%,但 NH_4^+-N 的绝对去除量在0.4 mg/L以下。

表4 NH_4^+-N 去除效果对比

项目		混凝剂投加量/(mg·L ⁻¹)				
		10	20	30	40	50
NH ₄ ⁺ -N/ (mg·L ⁻¹)	进水	34.74	25.89	26.95	26.78	25.83
	(1 [#] +Al)出水	5.94	0.85	1.99	1.57	0.38
	(2 [#] +Al)出水	4.05	1.15	1.04	1.54	0.80
	3 [#] 出水	4.29	1.01	1.54	4.60	0.77
	3 [#] 出水+Al	4.07	1.03	1.18	4.39	0.56
	3 [#] 出水+Fe	3.90	1.05	1.19	4.51	0.56

3 结论

当聚硅硫酸铁或聚硅氯化铝的投加质量浓度为10~50 mg/L时,采用投加混凝剂活性污泥法和后混凝法两种投加方法进行对比试验,得出如下结论:

(1)对于同一种混凝剂,不同投加方法的COD去除效果相当。投加方法相同时,聚硅硫酸铁的COD去除效果优于聚硅氯化铝。

(2)两种投加方法均可提高除磷效果,且聚硅硫酸铁优于聚硅氯化铝。对于聚硅硫酸铁,当投加质量浓度低于50 mg/L时,投加混凝剂活性污泥法对TP的去除效果优于后混凝法,具有生物协同作用;而对于聚硅氯化铝,没有生物协同作用。

(3)在好氧生物反应器中投加聚硅硫酸铁或聚硅氯化铝,对活性污泥的硝化效果没有明显的抑制作用。

[参考文献]

- [1]付忠志,邹利安.深圳罗芳污水厂一期工程试运行简评[J].给水排水,2000,26(1):6-10.
- [2]邵林广.南方城市污水处理厂实际运行水质远小于设计值的原因及其对策[J].给水排水,1999,25(2):11-13.
- [3]Jin D, Wang B, Wang L. Design and operation of a wastewater treatment plant treating low concentration of municipal wastewater [J]. Wat. Sci. Tech., 1998, 38(3): 167-172.
- [4]国家环保总局.水和废水监测分析方法[M].第3版.北京:中国环境科学出版社,1989:252-286.
- [5]郑兴灿,张悦,陈立.化学—生物联合絮凝的污水强化一级处理工艺[J].中国给水排水,2000,16(7):29-32.
- [6]Cloete T E, Oosthuizen D J. The role of extracellular exopolymers in the removal of phosphorus from activated sludge[J]. Wat. Res., 2001, 35(15):3595-3598.
- [7]Nielsen P H, Keiding K. Disintegration of activated sludge flocs in presence of sulfide[J]. Wat. Res., 1998, 32(2): 313-320.

[作者简介] 邱兆富(1971—),2005年毕业于同济大学,博士,讲师。电话:13917524771, E-mail: qiuzaofu@126.com。

[收稿日期] 2007-10-20(修改稿)