

卷贝进行污泥减量的应用研究

白润英 梁鹏 黄霞

(清华大学环境科学与工程系环境模拟与污染控制国家重点实验室, 北京 100084)

摘要 利用卷贝在合建式活性污泥反应器中摄食污泥进行污泥减量试验。试验发现, 污泥表现产率系数与卷贝密度呈负相关, 卷贝对污泥的相对减量约为 40%, 绝对减量为 37.5 mgVSS/(L·d), 减量速度为 0.177 mgVSS/(mgP·acute·d), 活性污泥系统中卷贝的存在对 COD、氨氮和总磷的去除不会产生影响, 对污泥沉降性能也影响不大。

关键词 污泥减量 卷贝 摄食

Applied research on sludge reduction by *Phusa acuta*

Bai Run-ying, Liang Peng, Huang Xia

(State Key Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: *Phusa acuta* utilizes the sludge as nutrient at a composed activated sludge reactor, by this way the sludge yield was controlled. The experiment results shown that the apparent coefficient of sludge yield was negatively correlated to the density of *Phusa acuta*. There are a relative sludge yield reducing ratio of 40%, an absolute sludge reduction of 37.5 mgVSS/(L·d) and a sludge reducing speed of 0.177 mgVSS/(mgP·acute·d) for *Phusa acuta*. No effects of *Phusa acuta* to removals of COD, ammonia N and TP were observed and the effect to sludge settling seems small.

Keywords: Sludge reduction; *Phusa acuta*; Ingestion

在城市污水处理中应用最多的是活性污泥法, 活性污泥法会产生大量的剩余污泥, 如果对其处理处置不当将带来严重的二次污染。随着有关城市污水处理厂剩余污泥处理处置规定的严格化, 处理大量剩余污泥所需要的资金也越来越高, 在欧洲和美国的污水处理中污泥处理占到了总处理费用的 60% 左右^[1]。因此, 对经济有效的污泥减量技术的需求也随之加大。目前国内外对污泥减量技术的研究主要集中在三方面: 解偶联技术、促进污泥溶胞技术以及利用微型动物的捕食达到污泥减量的目的^[2]。利用微型动物的捕食对污泥进行减量, 虽然程度有限, 稳定性有待加强, 但由于能耗低、不产生二次污染, 作为一种生态工程技术而倍受关注^[3]。

在利用微型动物对污泥进行减量的研究中, 作为研究对象的微型动物主要有原生动物的纤毛虫

类和后生动物中的寡毛纲类。由于纤毛虫的个体较小, 对其计数不便, 而且其主要摄食的是游离细菌, 对污泥的直接减量效果不明显, 目前国内外利用微型动物对污泥进行减量的研究主要集中在寡毛环节动物的仙女虫、红斑瓢体虫、颤蚓等体型较大的后生动物^[4,5]。而在实际污水处理过程中, 发现体型更大的微型动物——卷贝在处理构筑物中可以生长, 观察发现, 其摄食量较大, 可以作为摄食污泥的微型动物。卷贝属软体动物门腹足纲, 体长 5~15 mm。利用卷贝进行污泥减量研究尚未见有报道。本文开展了利用卷贝对活性污泥进行减量的试验, 通过分析卷贝密度与污泥表现产率系数的关系, 确定卷贝对污泥的减量比例和减量速度; 通过分析卷贝存在时系统对污染物去除率的变化确定卷贝对污水处理效果的影响。

1 试验装置与方法

1.1 试验装置

试验装置为合建式曝气沉淀池,分为曝气区、过渡区和沉淀区3部分(见图1),共4座。曝气区体积为20.4 L,利用曝气砂头曝气,维持曝气池内溶解氧在2 mg/L以上,利用螺旋桨搅拌器作为混合和提升水流的装置。反应器温度通过恒温装置在试验期间维持在20~25℃。

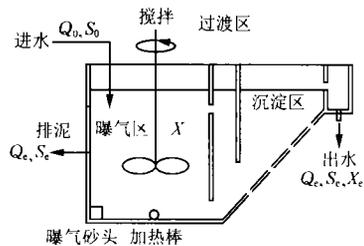


图1 合建式活性污泥法连续反应器

1.2 原水水质

原水采用清华大学1#宿舍的生活污水,由于该生活污水的 COD_{Cr} 浓度较低(通常约180 mg/L),为了加大进水 COD_{Cr} 浓度,在该污水中投加一定比例的自配水(主要含葡萄糖、淀粉、尿素及各种营养盐类),将其 COD_{Cr} 浓度提高到约400 mg/L。

1.3 运行方式及试验参数

试验时间为2003年12月9日至2004年2月28日。接种污泥为清河污水处理厂曝气池中活性污泥,污泥浓度为1750 mg/L。进水流量25 mL/min,水力停留时间为16 h,试验分为投加卷贝组和对照组。卷贝组中初始卷贝投加量为10 ind,对照组中不投加卷贝。反应器除每天由于测量VSS需要取样100 mL外,不主动排泥。

1.4 分析项目与方法

分析水质指标包括: COD_{Cr} 、氨氮、总磷、SS、VSS,均按照国家标准方法检测^[6]。

2 试验结果与分析

2.1 污泥表观产率系数及减量比例的计算方法

污泥表观产率系数 Y 按照公式(1)进行计算,衡量卷贝对污泥的相对减量比例 E_r 按照公式(2)进行计算。卷贝对污泥的减量速度 R_A 由公式(3)计算得到。卷贝对污泥的相对减量比例是卷贝在连续反应器中对污泥进行减量的综合指标,反映了卷

贝在反应器中对污泥进行减量的能力。卷贝对污泥的减量速度单位是单位时间内单位卷贝对污泥减量的量,表征的是卷贝对污泥的减量能力。

$$Y = \frac{V \frac{dX}{dt} + Q_w X_w + Q_e X_e}{Q(C_i - C_e)} \quad (1)$$

式中 Y ——污泥表观产率系数,mgVSS/mgCOD;

V ——反应器曝气区和过渡区体积,L;

X ——反应器曝气区活性污泥(VSS)浓度,mgVSS/L;

Q_w ——排泥量,L/d;

X_w ——排泥浓度(直接从曝气池中排泥时,等于 X),mgVSS/L;

Q_e ——出水流量,L/d;

X_e ——出水中VSS浓度,mgVSS/L;

C_i ——进水COD浓度,mg/L;

C_e ——出水COD浓度,mg/L。

$$E_r = (Y_p - Y_0) / Y_0 \quad (2)$$

式中 E_r ——相对减量比例;

Y_p ——投加卷贝的系统表观产率系数,mgVSS/mgCOD;

Y_0 ——对照组系统表观产率系数,mgVSS/mgCOD。

$$R_A = K(F/M)_D \quad (3)$$

式中 R_A ——卷贝对污泥的减量速度,mgVSS/(mg $P. acuta$ ·d);

K ——单位密度卷贝所减少的污泥表观产率系数的比例,具体计算见2.3节,(mgVSS/mgCOD)/(mg $P. acuta$ /mgVSS);

$(F/M)_D$ ——污泥去除负荷,mgCOD/(mgVSS·d)。

2.2 卷贝对污泥的减量比例

试验过程中连续反应器污泥表观产率系数随时间的变化见图2。随着时间的增加,反应器中的卷贝数量增加,导致污泥表观产率系数呈下降趋势,即污泥表观产率系数和卷贝数量呈负相关。而未加入卷贝的对照组,其污泥产率系数在整个运行期间呈无规则的波动。图2中两条横线是加入卷贝的反应器和对照组反应器表观产率系数的平均值。加入卷贝以后,系统表观产率系数平均值为0.117,与对照

组反应器的表观产率系数的平均值 0.196 相比,有降低。根据公式(2)可以计算得到卷贝对污泥的相对减量比例和绝对减量值,分别为 40%左右和 37.5 mgVSS/(L·d),后者约为红斑瓢体虫对污泥的绝对减量的 1/5^[7]。

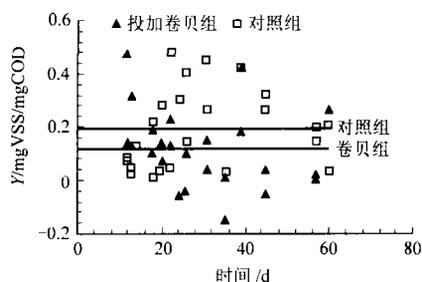


图2 连续运行反应器表观产率系数

2.3 卷贝对污泥的减量速度

进一步分析连续反应器中卷贝密度和污泥表观产率系数之间的关系,由式(3)可以计算卷贝对污泥的减量速度。将卷贝密度用单位污泥中卷贝重量表示,则卷贝密度和反应器污泥表观产率系数的关系见图3。可以粗略地得到单位密度卷贝降低的污泥表观产率系数的比例(图3中斜率) $K = 0.411$ (mgVSS/mgCOD)/(mgP.acuta/mgVSS),而投加卷贝反应器的污泥平均去除负荷为 0.43 mgCOD/(mgVSS·d),根据公式(3)可以计算得到卷贝对污泥的减量速度 $R_A = 0.177$ mgVSS/(mgP.acuta·d)。

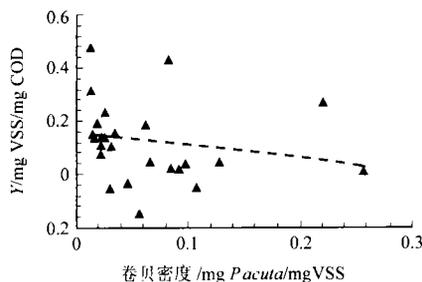


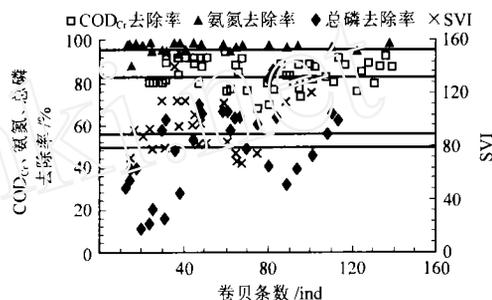
图3 卷贝密度和反应器污泥表观产率系数的关系

2.4 卷贝对污水处理效果的影响

投加卷贝后反应器对污水 COD_{Cr}、氨氮和总磷去除效果和污泥 SVI 的影响见图4。随着卷贝数量的增加, COD_{Cr}、氨氮和总磷去除效果以及污泥 SVI 在对照组平均值上下波动,但没有明显增加或降低。

进一步从统计学观点考察卷贝对污水处理效果的影响。首先对投加卷贝试验组的数据进行考察,

将不同卷贝密度时的水处理效果指标和污泥 SVI 值与卷贝密度进行相关性分析,计算得到的相关系数较小,且均为正,说明卷贝密度的增加并没有使水处理效果降低。计算所得双侧检验系数都大于 0.05,说明水处理效果和污泥 SVI 与卷贝密度并没有密切相关。其次,综合比较投加卷贝组数据和对照组数据,将投加卷贝组和对照组看成两个独立样本,由于试验前污泥相同,运行方式相同,可以用 Mann-Whitney U 检验来确定该两个样本是否取自同一总体。假定两个样本取自同一总体,基于逼近法和精确法计算得到的显著性概率均大于 5%,不能否定预先假设。所以,投加卷贝反应器和对照组反应器的水处理效果可以认为取自同一总体,二者没有明显区别,卷贝对污水处理效果没有影响。



注:横线依次为对照组 COD_{Cr}去除率、氨氮去除率、污泥 SVI 和总磷去除率的平均值

图4 投加卷贝对污水处理效果及污泥 SVI 的影响

3 结论

(1)在活性污泥法反应器中投加卷贝可以对污泥进行减量,其相对减量比例约为 40%,绝对减量值为 37.5 mgVSS/(L·d);

(2)在连续运行反应器中卷贝对污泥的减量速度为 0.177 mgVSS/(mgP.acuta·d);

(3)在试验卷贝密度范围内(0~120 ind)不会对 COD_{Cr}、氨氮和总磷去除率产生影响,对污泥沉降性能指数 SVI 的影响也不大。

参考文献

- 1 Low E U, Chase H A, Milner M G, et al. Uncoupling of metabolism to reduce biomass production in the activated sludge process. Water Research, 2000, 34(12):3204~3212
- 2 Mayhew M, Stephenson T. Low biomass yield activated sludge: a review Environmental technology, 1997, 18:883~892

污泥制肥实践及资源化经营探讨

韩 燕 宋正光

(太原市排水管理处,太原 030006)

摘要 介绍太原市杨家堡污水净化厂污泥综合利用的工程实践,就污泥处理处置中存在的问题和隐患进行分析研究,对污泥制肥过程中普遍存在的发酵、重金属、热喷、霉变等技术问题进行探讨。对当前我国污泥资源化经营方面存在的障碍进行分析,对污泥资源化的政策支持、市场选择以及经营方式等方面提出一些观点。为今后污水处理厂污泥资源化利用的工程建设提供可靠的依据和可借鉴的模式。

关键词 城市污水污泥 资源化利用 制肥 经营模式

1 污泥制肥的研究与实践

近年来,随着城市污水处理率逐年升高,污水处理厂的污泥产量也急速增长。作为污水处理过程中的一种附属产品,污泥是一种含水率高,成分复杂,易霉变,难溶解,富含营养成分与病原菌、寄生虫等有害物质的特殊“城市垃圾”,如果这些污泥得不到有效的处理和合理的处置,不但会困扰污水处理厂的运行和发展,而且将对社会环境造成极大的威胁。

2000年,太原市排水管理处和山西沃土生物有限公司联合进行了“城市污水处理厂污泥综合利用及三维复合有机肥生产”的试验研究。2001年9月8日该项目通过了科技部的现场验收,验收委员会评价:该项目基本解决了污泥农用中重金属钝化、污泥软化以及污泥霉变等问题,为污水处理厂污泥资源产业化、规模化生产提供了借鉴模式。

1.1 项目介绍

该项目以太原市杨家堡污水净化厂(以下简称杨家堡污水厂)作为试验基地,由山西沃土生物有限

公司、太原市排水管理处、中国农业大学等有关单位及科技人员共同参加,以解决杨家堡污水厂污泥资源化利用的难题。

1.1.1 杨家堡污水厂处理工艺简介

太原市杨家堡污水厂始建于1978年冬,一级处理系统1986年投产,二级处理系统1990年投产,1999年利用法国贷款建设的污泥处理系统投产。污水处理设计规模16.64万m³/d,采用传统活性污泥法,日产含水率75%的污泥70t。杨家堡污水厂处理工艺见图1,虚框内为污泥处理部分。

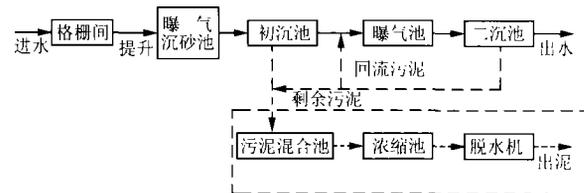


图1 杨家堡污水厂处理工艺

杨家堡污水厂进出水水质(常年平均)见表1,进水重金属含量见表2。

3 魏源送,樊耀波. 污泥减量技术的研究及其应用. 中国给水排水, 2001, 17(7): 23~26

4 Wei Y S, Van Houten R T, Borger A R, et al. Comparison performances of membrane bioreactor (MBR) and conventional activated sludge (CAS) processes on sludge reduction induced by Oligochaete. Environ Sci Technol, 2003, 37(14), 3171~3180

5 周可新, 许木启, 曹宏, 等. 利用微型动物减量剩余污泥量的研究. 环境污染治理技术与设备, 2003, 4(1): 1~5

6 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分

析方法 第3版. 北京: 中国环境科学出版社, 1989

7 梁鹏, 黄霞, 钱易. 利用红斑瓢体虫减少污泥产量的研究. 中国给水排水, 2004, (1): 13~17

◎通讯处: 清华大学环境科学与工程系 梁鹏收
电话: (010)62776790
E-mail: liangpeng00@mails.tsinghua.edu.cn
收稿日期: 2004-10-08
修回日期: 2005-04-13