赤豆螺在生物接触氧化工艺中的危害及其去除研究

包卫彬[1]　张　硕[2]　李涵婷[3]　张玉先[1]

(1 同济大学环境科学与工程学院,上海　200092; 2 上海市政工程设计研究总院,上海　200092;
3 巴马丹拿建筑设计咨询有限公司,上海　200051)

摘要　赤豆螺在生物接触氧化池中,会大量生长繁殖,啃食生物膜,影响净水效果。针对赤豆螺的生长因子和栖息条件,研究其生长和抑制规律,并探讨除螺措施。试验结果表明:单个成体螺一周内可啃食一根纤维丝;固定式填料和悬浮填料均不能避免挂螺;采用先排空晾干再水力冲洗,能明显清除螺,且简单可行;预加氯和次氯酸钠浸泡杀螺效果不佳;预设气浮工艺可完全杜绝成体螺和螺卵进入生化池,安全可靠。

关键词　生物接触氧化　赤豆螺　气浮　微污染水源水

生物预处理是微污染水源水经济有效的处理工艺之一。其中,生物接触氧化技术因对贫营养水源有良好适应性而倍受关注,国内已有多个工程实例[1,2]。在一些生物接触氧化池的运行中,常常发现大量长螺,并对生物膜形成破坏,影响处理效果。因此,分析螺的生活状况,研究抑制和杀灭除螺的方法,对于工程设计和运行维护十分必要。通过试验,本文研究了软体动物对生物预处理的影响,并探索工程上的控制措施,提出可行方案。

1　工程概况

1.1　生物预处理

某工业净水工程采用上海郊区小河河水作为原水,处理工艺采用生物接触氧化—混凝—气浮—无阀滤池。生物接触氧化池设2座,每座接触区平面尺寸54 m^2,有效水深6.5 m,有效容积630 m^3,设计容积负荷0.24 kgBOD/(m^3·d),采用传统的丝状弹性填料。鼓风机通过底部的微孔曝气管对池内充氧,固定的ABS工程塑料管布水。池顶封闭,仅留若干检修孔。

原水常年水温2～31 ℃,溶解氧1.4～2.5 mg/L,pH 6.9～7.4,浊度30～72 NTU,COD_{Mn} 11～24 mg/L,NH_3-N 3.4～6.8 mg/L,藻类1.5×10^6～6.3×10^8个/L。

1.2　赤豆螺的生长与繁殖

工程运行后,接触氧化池内大量生长肉眼可见的体小淡水螺。大小不一,成群附着在填料绳上。初步判断属于前鳃亚纲赤豆螺(*Bithyniafuchsiana*),此外还发现少量水蚯蚓(*limnodrilus sp*)。

螺壳小、呈卵圆形,薄且易碎,壳高一般不超过5 mm,壳层有4～5个,腹足较大,触角两个,带石灰质的厣。它的运行方式多样,可爬行于绳丝或池壁,也可小范围游动于不同深度的水中。它们主要附着在填料中心的悬挂绳和池壁上,上部绳螺量较多,每厘米绳上达10～15个,底部绳上每厘米有8～10个,

0.45 mg/L以下,TN平均在15 mg/L以下,均满足设计要求。

参考文献

1　张正贵. 太湖流域城镇污水处理工程全面提标改造. 中国建设报,2007-08-28(5)
2　鞠兴华,王社平,彭党聪. 城市污水处理厂设计进水水质确定方法探讨. 中国给水排水,2007,23(14):35～44
3　郝晓地,仇付国,张璐平,等. 应用数学模拟技术升级改造二级污水处理工艺. 中国给水排水,2007,23(16):25～29
4　GB 50014—2006　室外排水设计规范
5　陈秋萍,吴浩汀,张万里,等. 改良氧化沟回流污泥曝气再生的中试研究. 中国给水排水,2008,24(19):74～76

& 通讯处:214072 无锡市隐秀路901号联创大厦西塔楼
E-mail:jll158@163.com

收稿日期:2009-02-06

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



图 1　粘附螺的丝状填料

纤维丝上鲜有大螺附着(见图 1)。

螺进入生化池后,在适宜的环境下快速生长。成熟的螺产卵数目不等,螺卵包裹于半透明的肾形胶质卵袋。池壁近水面处可见大量透明成团的螺卵。水温 20 ℃左右,12～15 d 后,卵可孵化成肉眼可见、直径约 0.5 mm 的幼螺,约两个月成熟。

2　螺的特点

2.1　生长条件

在食料充足、环境适宜和存在附着栖息地的条件下,螺才能生活和繁衍。

(1) 食料。填料上的生物膜、原生动物和后生动物,水中含有的大量藻类和有机颗粒物,都是螺的食饵。

(2) 环境。上海春天持续时间长,利于螺繁殖,冬天水温高于零度,螺类潜伏水下仍能生存。过冬入春后,螺开始产卵繁衍。河水 pH 接近中性,不存在较高浓度的毒性物质,而池中部水流趋于平缓利于螺类固着,DO 高达 4 mg/L 为螺类提供了有氧条件。

2.2　水力特性

螺在水中扩散的主要水力特性包括:①螺主要靠腹足在池壁或附着物上缓慢爬行,故活动范围较小,栖息地相对固定,不能自行迁移远方,但可逐渐扩散到整个池子;②螺在水中无附着时主要为下沉运动,密度平均值约为 1.92 g/cm^3,相对较难沉淀[3]。

3　螺对生物预处理工艺的影响

螺属大型软体动物,是生物膜系统中食物链的最后环节。有研究表明,螺可去除叶绿素 a 达 2 %[4]。但是,它们更多带来不良后果,比如啃食生物膜,侵占填料,排泄物难以沉降而增大出水 SS。螺产生的口腔分泌物和粪便成分尚不明确,存在危害健康的可能性。小螺和卵可能穿透接触氧化池,在后续工艺(尤其是滤池)中生长繁殖,威胁水质安全。

3.1　试验方法

3.1.1　啃食生物膜试验

取 1 L 烧杯分别倒入去离子水和原水,放入刚从生物接触氧化池剪下的黄褐色纤维丝,再分别加入不同大小的活螺,混合培养,定时取出观察纤维丝和镜检生物膜。

3.1.2　对工艺运行影响试验

取填料和螺进行混合培养小试。研究不同温度和进水条件下,螺分布密度对生物工艺处理效果的影响。填料上的螺密度则以长 1 cm 的绳丝为准计数。

3.2　测试指标

水质分析指标主要包括:水温、DO、pH、浊度、COD_{Mn}、NH_3—N 和藻类总数等。其中,COD_{Mn} 和 NH_3—N 分别采用酸性高锰酸钾法和纳氏试剂光度法测定[5]。藻类计数采用血球计数法[6],水样取 1 L,固定剂用鲁哥氏液[7]。

3.3　试验结果与分析

3.3.1　啃食生物膜

为了对比螺在不同水质条件下对生物膜的啃食作用,以去离子水和原水作对比,试验结果见表 1。其中,大写字母表示纤维丝上黄褐色生物膜的变化:A,肉眼无变化,均匀致密;B,肉眼无变化,镜检观察有缺口和痕迹;C,肉眼可见光亮斑;D,约半数光亮,仍部分黄褐;E,基本光亮。“+”、“-”分别表示此等级的加强或减弱。

表 1　螺啃食生物膜试验

时间/d	去离子水			原水		
	小型螺(1 mm)	中型螺(3 mm)	大型螺(5 mm)	小型螺(1 mm)	中型螺(3 mm)	大型螺(5 mm)
0.5	A	A	A	A	A	A
1.5	A	B	B	A	B	B
2.5	A-	C	C+	A	C	C
4.0	B	D	D+	A	D	D
5.0	B	E	E	B	D+	D+
8.0	B+	E	E	B	E	E

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2　赤豆螺密度对生物接触氧化池处理效果影响

工况	水温/ ℃	DO/ mg/ L	pH	藻类/ 10^8 个/ L	浊度去除率/ %	COD_{Mn}去除率/ %	NH_3—N 去除率/ %	螺密度/ 个/ cm
1	6	4.9	6.9	0.45	24.4	15.2	11.4	14
2	14	4.6	7.1	0.67	38.3	23.2	26.7	15
3	26	4.3	7.4	1.28	45.8	27.9	32.1	23
4	22	5.1	7.0	1.15	50.4	31.2	36.2	24
5	8	6.0	7.2	0.76	11.7	17.5	15.5	18

分析表 1 可知,1 mm 的小螺对生物膜破坏作用不明显,一周后仅造成轻微伤害,但是中大型螺啃食作用明显加强。这是因为:螺体大于 3 mm 后,生命活动旺盛,所需食料较多,在藻类和其他微生物丰富的原水中,9 d 后也将啃食完生物膜。水质较好时,螺主要以成熟生物膜为食,纤维丝光亮速率变快,破坏更严重。

3.3.2　生产性影响

不同季节,生物接触氧化池的处理效果见表 2。

从表 2 可知,生物接触氧化池 DO 和 pH 较稳定,为螺提供了适宜环境。螺自春季开始繁殖后,数目急剧增长,附着在同一部位的数量几乎翻倍,绳上和池壁布满大大小小的螺,栖息地也由离水面 0.5 m 扩展到 2 m,池壁上最远蔓延到水面上 0.5 m。取出填料,夏季可见几乎每个螺都在爬动,冬季观察半小时则不见活动。冬季,上海较少冰冻,池体封闭避免了风雪和冰冻侵袭,因此大量的螺可成功过冬。

生产中,氨氮去除率最高不超过 40 %,比国内类似工程低得多,尤其是高温期的处理效果差距较大。这原本是微生物活动和繁殖最旺盛季节,净化作用也该最好。但是,这也正是螺增长较快的时节,占据填料,啃食生物膜,直接影响去除效果。并且,肉眼可见螺的粪便碎物悬浮于水中,难以沉降而影响水质。

4　抑螺措施

工程实践中,防止螺生长和繁殖可从杜绝螺源、短缺环境因子和避免栖息地等方面考虑。对于有螺的反应器,应设法使螺脱离填料,可采用水力冲刷或使之死亡,富集螺于水面或池底进而去除。从工程可行方面,探讨以下几种方法。

4.1　化学杀螺

4.1.1　特效药剂

农业和防疫学中,在螺较集中的地方,常用五氯酚钠等水浸液灭螺[8]。这些合成灭螺剂对人体多有毒害,且易造成环境污染。

4.1.2　预加氯

运行中,曾在进水口处预加氯 0.5 mg/ L。螺仅仅放缓繁殖速度,仍然大量存在,并未被杀死或脱落。这可能是因为,不良环境下螺可关闭厣,小剂量的氯在整个池内浓度不高,不能有效杀灭螺体。

4.1.3　次氯酸钠

以小试研究浸泡填料杀螺的可能性。将浓度 10 %的 NaClO 溶液稀释 100 倍,取 1 mL、2 mL 和 3 mL 分别滴至放有若干大小螺的 500 mL 烧杯中,记录不同时间后杯壁上粘附的螺数,按脱附杯壁百分数计沉淀去除率。

经计算,两个烧杯的有效氯浓度为 0.2 mg/ L、0.4 mg/ L 和 0.6 mg/ L,大中小的螺各取 5 个,试验结果见图 2。

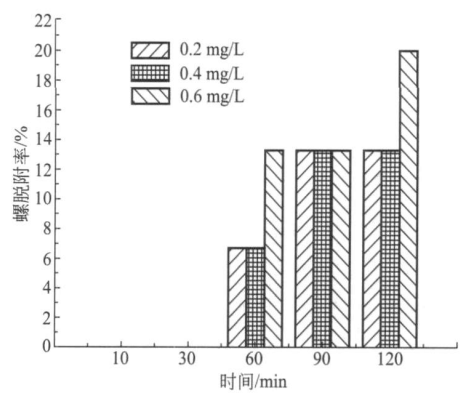


图 2　螺脱附率

由图 2 可知,螺的生存能力较强,不易被次氯酸钠杀死。1 h 之内,仅有 1～2 个螺脱落杯壁沉降到杯底,其他仍有活动迹象。根据 Gard 方程式,消毒效果由灭活模型中的 CT 值控制,其中 C 为消毒剂浓度,T 为消毒接触时间。2 h 后,CT 值最高超过 25,脱附率也仅有 20 %。脱离池壁的螺均为小螺,这可能是个体小而抗抑制能力弱。因此,要杀死较

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

大的成体螺,需要投加的 NaClO 溶液浓度过大,作用时间太长,微生物基本同时被杀死。

取部分螺卵,进行浸泡杀卵试验,光学显微镜下观察螺卵活动能力,计算杀卵率。结果发现,采用次氯酸钠投加浓度仅为 0.2 mg/L 时,30 min 后 5 个螺卵均被杀死,死亡率可达 100 %。可见,对于器官发育不全的螺卵,生存能力较弱,更易受到化学试剂影响,见图 3。

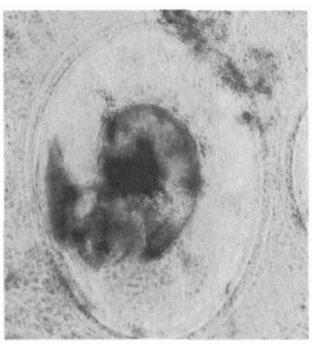


图 3　孵化状态的螺卵

4.1.4　硫酸铜

$CuSO_4$ 是最早用于灭螺的化学品,喷粉 4 g/m^2 可使螺死亡率达 90 %以上。配制硫酸铜溶液,铜离子的毒副作用较大,进行 0.4 mg/L、0.5 mg/L、0.6 mg/L、0.7 mg/L 浓度下的浸泡杀螺试验,以螺脱离杯壁为去除,试验结果见图 4。

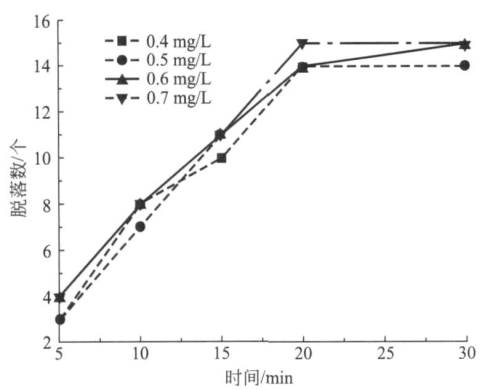


图 4　$CuSO_4$ 杀螺效果

由图 4 分析,硫酸铜对螺有较好的杀灭作用。30 min 内,能把全部螺杀死,使其脱落后沉降。但是铜离子毒副作用较大,不宜用更高浓度的溶液喷洒填料。

4.1.5　加酸加碱

加酸或加碱,调 pH 至酸性或碱性,可以破坏螺的生活环境和伤害螺体,但是要达到所需的较低或较高 pH,所加入的酸碱成本较高。可考虑选用较便宜的氨水。

4.2　水力冲刷和反冲洗

接触池反冲后,螺的数量减少不多,这可能是因为螺粘附在绳上十分牢固,而且处于水力冲刷较弱的填料中心。用水力冲洗池壁上的螺,射流流速 1.0 m/s 以上时效果较好,肉眼可见的螺基本被冲到水里。冲刷填料则仍有少量螺附着在绳上,存有大量生长的隐患。

4.3　排空

螺在干燥环境中不宜生存[9],因此取出一段填料,悬挂于阴凉处,观察螺的脱落规律。结果发现,3 h 后,填料开始发干,大部分螺微微活动。6 h 后,有螺脱落下来,绳上的螺附着不动,12 h 后约一半的螺脱离填料,此时用水冲洗绳,绳上的螺基本脱离下来。微生物生存能力比螺要强,放在水中几天即可恢复。因此,采用排空晾干法可行。实际操作中,可先将池内排空两三天,再进水和曝气冲刷排除螺体。

4.4　不同填料的影响

不同的填料具有不一样的结构,可能对螺栖息的影响存在差异。紊动的水中,悬浮填料相互碰撞摩擦,有可能使附着的螺脱离。采用球状悬浮填料进行试验,7 d 后发现每个填料球上存在 4～5 个小螺,见图 5,两周后则布满球体。可见,悬浮填料的碰撞作用并不起效,这是因为仅边缘存在较高强度摩擦,难以阻止螺附着。

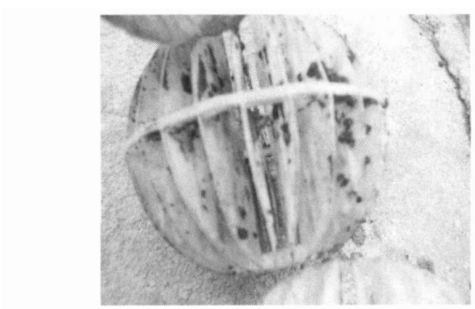


图 5　悬浮填料一周挂螺

4.5　气浮前置

该工业水厂采用“弹性填料生物接触氧化—DAF”工艺的给水工程中,生物预处理构筑物内发

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

生大量螺滋生繁殖,严重影响生物处理效果,见图1。以同样水源水进行中试对比试验,接触氧化工艺之前设置气浮,即混凝—气浮—生物接触氧化,一体式的生物反应器设计流量为1 m^3/h,HRT为2 h,选用旋转填料。长达一年的运行中,填料和池壁上没有发现任何螺。这可能有以下几个原因:所用铝系混凝剂对螺卵有杀伤作用;气浮能有效去除螺卵和小螺;敞口露天使光照不利于螺生存。因此,工艺组合上,将气浮置于接触氧化前面可完全防止螺滋生,是一种可靠的方法。

4.6 其他措施

4.6.1 取水头部罩体

螺在水体中呈表、底两层分布的特点。进水可采用罩形拦渣喇叭口汲取中间层水体,避免附着螺的漂浮物进入管道。

4.6.2 沉螺池和筛网

原水中有大量螺时,可设沉螺池加拦网工程。沉螺池可与进水井建成一体,设计时确定池内水流速度应满足不产生推移运动,池长宜为螺沉降水平距离的1.5倍。

4.6.3 粗滤

生物预处理池前设置粗砂滤池,拦截去除螺。但是,有可能螺在池壁和滤料中生长繁殖,造成滤池堵塞。滤池反冲洗尚不能圆满解决该问题。

4.6.4 喷洒化学药物

为了充分发挥药剂浓度,可先将池中的水排空,然后用氯硝柳铵喷洒杀螺,每年春夏秋三季定期喷洒1次。也可用2.5∶1 000 000的血防67浸杀或喷杀螺体。喷洒药物后,需要清理池内死螺,并洗净填料。该方法的废液可能会污染环境,需要处理。也可用1%或更浓的食盐水喷洒使螺脱落,然后用水冲洗。

4.6.5 生态药剂

利用活体植物和微生物的有效成分浸出液灭螺是近年灭螺研究的热点。该法操作简便,费用较低,对环境安全,灭螺效果较好[10]。本技术尚未有大规模现场应用和商品化生产,在水处理中的应用和对水质的影响尚待研究。生态药剂灭螺是值得探索的新思路。

5 结论

(1) 螺是高等软体动物,极易在生物预处理池内大量生长繁殖,啃食生物膜,占据填料,导致工艺去除效果下降,对生物预处理影响较大。

(2) 加氯和次氯酸钠等化学药剂清除螺效果不佳。先放空晾干再水力冲洗,在工程上易于实施,能控制螺的数量。但是该法无法彻底清除螺,每隔几个月应再次冲洗。

(3) 前置气浮可完全杜绝小螺和螺卵进入生化池,效果显著。

(4) 不同填料均存在螺附着的条件,预处理中DO、水温和pH等水质条件也适合螺生长,这些环境因素不宜改变。螺生存尚存许多需要探索的不明因素,其他环境因素对灭螺效果的影响有待进一步研究。

参考文献

1 杨卫权,丁卫东. 上海惠南水厂生物接触预处理池的运行. 中国给水排水,2003(9):100～102

2 汤利华,许建华,张晴浩. 宁波市梅林水厂生物预处理工艺设计. 同济大学学报,2000,28(2):224～227

3 潘庆 ,胡向阳. 水工建筑物钉螺扩散影响研究. 人民长江,1998,29(2):35～37

4 赵沐子,费志良,郝忱,等. 不同贝类对水质净化效果的比较. 水产科学,2006,25(3):133～135

5 国家环保总局编. 水和废水监测分析方法. 北京:中国环境科学出版社,2002

6 周群英,高廷耀. 环境工程微生物学. 北京:高等教育出版社,2002

7 吴人坚,张丕方,郑师章,等. 植物学实验方法. 上海:上海科学技术出版社,1987

8 柯文山,杨金莲,杨建明,等. 天南星(Arisaema erubescens Schott)及其与链霉菌配伍灭螺效果. 环境科学与技术,2006,29(2):38～39

9 周晓农. 实用钉螺学. 北京:科学出版社,2005

10 Hammouda B G. Alteration in protein syntbesis in the cyanobacterium Synechococcus sp. Stain pce 6301 in response to calendula micrantha extract with molluslicidal activity. Ecotoxical Environ Saf,1995,31(3):201～204

○电话:(021)63136067

E-mail:weibink@vip.sina.com

收稿日期:2009-04-09

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net