

生物膜—活性污泥工艺对甲鱼养殖废水的处理效果研究*

朱建龙¹ 张涛^{1*} 蒋路平² 罗金飞² 黄灿灿¹

(1.浙江清华长三角研究院分析测试中心,浙江 嘉兴 314006;2.嘉兴市水产技术推广总站,浙江 嘉兴 314001)

摘要 对甲鱼养殖产生的温室废水和外塘废水的污染情况进行分析,发现温室废水 COD、TP、TN、氨氮浓度较高,污染程度明显高于外塘废水,将温室废水和外塘废水混合后集中于囤水池中,采用生物膜—活性污泥(HYBAS)工艺对甲鱼养殖废水进行处理。结果表明,HYBAS 工艺对 COD、TP 处理效果较好,平均去除率分别为 63.76%、59.32%;受冬季低温影响,HYBAS 工艺运行前期对 TN、氨氮去除效果较差,而运行后期去除效果良好,后期 TN、氨氮平均去除率分别为 42.84%、85.71%,处理出水总体满足《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中Ⅳ类标准和《浙江省水产养殖池塘生态化建设与改造规范》养殖废水排放标准。HYBAS 工艺建设运行费用低、抗冲击负荷能力强、处理效果良好,是一种简单易行的甲鱼养殖废水处理工艺。

关键词 甲鱼养殖废水 HYBAS 工艺 出水水质

DOI:10.15985/j.cnki.1001-3865.2017.09.004

Study on the treatment effect of HYBAS on turtle breeding wastewater ZHU Jianlong¹, ZHANG Tao¹, JIANG Luping², LUO Jinfei², HUANG Cancan¹, (1. Analysis and Testing Center, Yangtze Delta Region Institute of Tsinghua University, Jiaxing Zhejiang 314006; 2. Jiaxing Fisheries Technology Extension Station, Jiaxing Zhejiang 314001)

Abstract: Pollution of the turtle breeding wastewater including greenhouse wastewater and outer pond wastewater was analyzed. It was found that the concentration of COD, TP, TN and ammonia nitrogen in greenhouse wastewater was high, and the pollution degree was obviously higher than that in outer pond. The wastewater in greenhouse and outer pond was mixed and collected in the pond, and then using hybrid-biofilm-activated sludge (HYBAS) technology to treat the turtle breeding wastewater. The results showed that the HYBAS process had perfect performance on COD and TP removal, and the average removal rate of COD and TP was 63.76% and 59.32%, respectively. Due to the low temperature in winter, the removal efficiency of TN and ammonia nitrogen was poor in early stage, while the removal efficiency was better in the later stage, with the average removal rate of TN and ammonia nitrogen was 42.84% and 85.71%, respectively. The treated water met the class IV standards of "Surface water environment quality standard" (GB 3838-2002) and discharge standard of "Standards for the ecological construction and renovation of aquaculture ponds in Zhejiang Province". The HYBAS process had the advantages of low construction cost, strong shock load resistance and good treatment effect. It was a suitable process for treating turtle breeding wastewater.

Keywords: turtle breeding wastewater; HYBAS process; effluent water quality

近年来随着生活水平的提高,人们对于水产品的需求日益增加^[1-2],大量水产养殖基地建成并投入使用。在水产养殖过程中普遍存在过量投放养殖饲料等情况,导致水体中氮磷等元素严重超标,形成高浓度有机污染的养殖废水。此类废水若不经处理直接排放将对周边水体环境造成巨大危害^[3-5]。因此,在发展规模化水产养殖的同时,必须积极研发并配套养殖废水处理工艺技术。

生物膜—活性污泥(HYBAS)工艺^[6-8]内包含

两种独立的微生物构成:即低泥龄的活性污泥和附着在填料上的高泥龄污泥^[9-10],可以实现在一个反应池内同时进行硝化和反硝化过程,提升活性污泥脱氮除磷的性能,生物膜还有助于提高系统中微污染物的去除能力^[11]。HYBAS 工艺具有操作简单、污泥沉降性能好、抗冲击负荷能力强等优点。针对甲鱼养殖废水的污染问题,本研究采用 HYBAS 工艺处理此类废水中的高浓度有机污染物,考察 HYBAS 工艺对废水中 COD、TN、

第一作者:朱建龙,男,1980年生,本科,工程师,研究方向为废水处理。* 通讯作者。

* 浙江省科技型中小企业技术创新基金资助项目(No.2015C32115);浙江省科技计划项目(No.2015C33009);嘉兴市科技计划项目(No.2015AY11008)。

TP和氨氮的去除效果,保证处理后的废水可以达到相关排放要求。

1 材料和方法

1.1 实验场地

实验场地位于嘉兴市某大型规模化水产养殖场内,该养殖场共拥有水产养殖面积 39.2 hm²,主要从事甲鱼、青虾等水产品养殖。其中甲鱼养殖采用两段式养殖法,先在温室中养殖,再转移至温室外池塘进行养殖。

1.2 工艺流程

甲鱼养殖废水日处理量为 20 t/d,温室和外塘排放的甲鱼养殖废水通过截留的方式收集到囤水池中,在重力作用下废水中较大颗粒的悬浮物沉淀下来,提升泵将囤水池内废水抽入 HYBAS 系统(包括缺氧池、HYBAS 池和沉淀池)中进行生化处理,去除其中的有机污染物。缺氧池悬挂直径为 150 mm 的塑料组合填料,用于加强反硝化和部分磷的去除;HYBAS 池内安装曝气装置,并放入聚乙烯材质生物填料,为生物膜生长提供载体,使养殖废水得到有

效处理。具体工艺流程见图 1。

1.3 分析方法

COD 采用重铬酸钾法测定;TP 采用钼酸铵分光光度法测定;TN 采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法测定;氨氮采用纳氏试剂分光光度法测定^[12]。

2 结果与分析

2.1 温室与外塘甲鱼养殖废水分析

图 2 为一个典型养殖周期内温室和外塘甲鱼养殖废水水质变化情况。从图 2 可见:(1)温室废水污染程度明显高于外塘废水,这是由于温室中长期集约化养殖,甲鱼未食用完的饲料及产生的粪便在温室高温下分解产生大量有机污染物,导致温室废水污染严重;(2)外塘废水中污染物浓度变化不大,这是因为外塘养殖密度相对较小,且换水频率较高,污染物难以积累;(3)温室废水中污染物浓度出现几次较大的波动,这是由于温室养殖过程中需不定期对池体进行曝气增氧和加水补充高温蒸发流失水量导致;(4)养殖后期 COD、TP 和 TN 浓度出现不同程

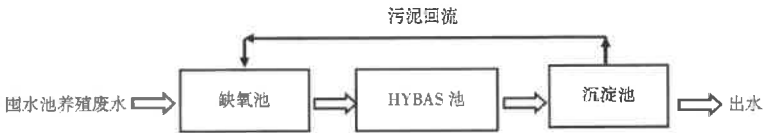


图 1 工艺流程
Fig.1 The flow diagram of treatment process

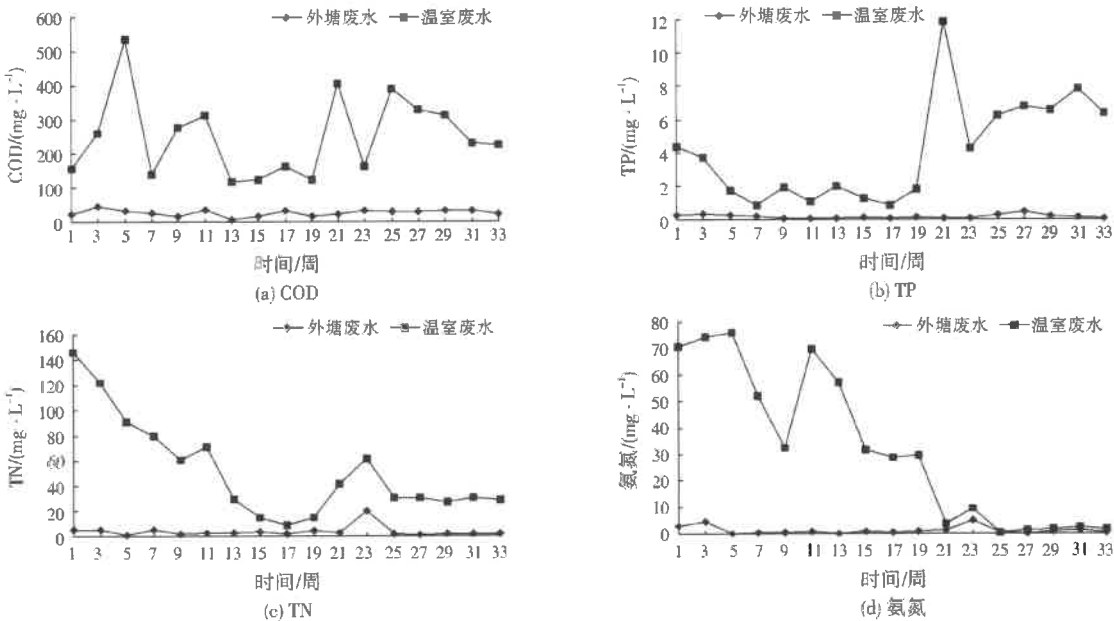


图 2 甲鱼养殖温室废水和外塘废水水质变化情况
Fig.2 The changes of greenhouse and outer pond turtle breeding wastewater quality

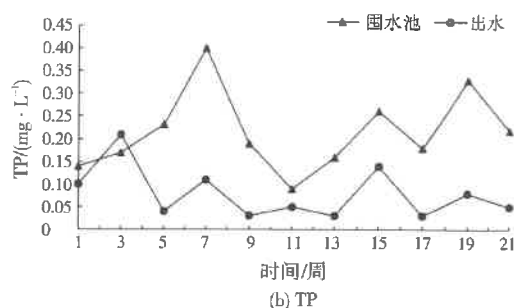
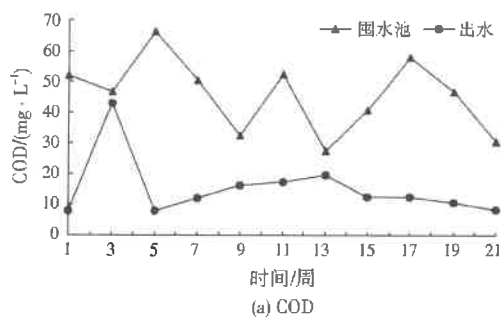


图 3 HYBAS 工艺对 COD 和 TP 的处理效果
Fig.3 The treatment effect of HYBAS process on COD and TP

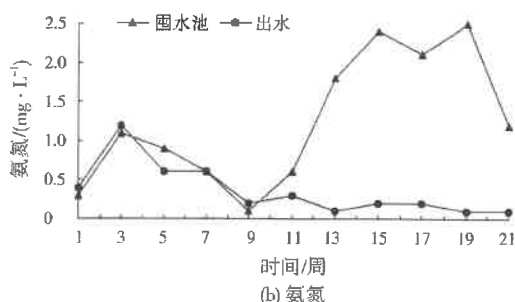
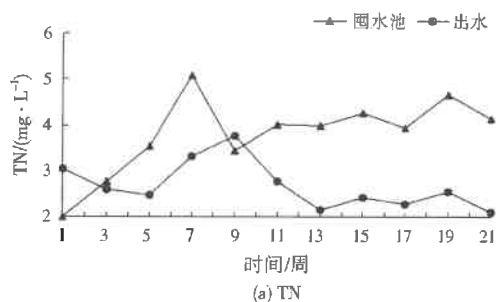


图 4 HYBAS 工艺对 TN 和氨氮的处理效果
Fig.4 The treatment effect of HYBAS process on TN and ammonia nitrogen

度的回升,表明长时间的甲鱼养殖过程会使水体中污染物积累,而氨氮在养殖后期浓度逐渐降低直至平稳,这是因为养殖后期甲鱼规格变大,需对水体不断增氧曝气,使水体中氨氮在微生物硝化作用下去除。

2.2 HYBAS 工艺处理效果

甲鱼养殖的温室废水每年定期集中排放,外塘废水则根据甲鱼出售情况不定期排放,考虑到温室废水每次排放量较大,故在整个 HYBAS 系统前端设置囤水池对甲鱼养殖废水进行收集。由 2.1 节分析可知,甲鱼养殖废水中温室废水的污染物浓度较高,因此将温室废水与外塘废水在囤水池中混合,可以达到调节整体水质情况,减轻 HYBAS 工艺处理负荷的目的,便于后续进一步处理。

2.2.1 COD 和 TP 的处理效果

图 3 为调试结束后,HYBAS 工艺对甲鱼养殖废水中 COD、TP 的处理效果。

COD、TP 主要通过 HYBAS 池中的好氧菌降解去除。COD 可以通过微生物的生殖过程来降解,其中一部分 COD 作为好氧菌硝化作用的碳源被消耗,另一部分 COD 通过形成微生物,以活性污泥的形式排放去除;TP 主要通过微生物对磷的过量吸收,将磷以聚合物的形式贮藏在微生物体内,进而形成高磷污泥去除。

从图 3 可以看出,运行前期出水 COD、TP 波动较大,个别出水 TP 甚至高于囤水池进水,这是由于处理设施刚调试结束,处理效果还未达到最佳,出水不够稳定;随着处理设施运行时间增加,出水 COD 逐渐趋于平稳,而出水 TP 依旧波动较大,可能是由于囤水池进水 TP 波动较大,使前置缺氧池微生物在缺氧环境中释放出部分磷不能在 HYBAS 池中完全吸收,造成出水 TP 存在一定波动;与囤水池进水 COD、TP 相比,出水 COD、TP 相对稳定,表明整个 HYBAS 工艺抗冲击负荷能力较强。总体来看,HYBAS 工艺对水体中 COD、TP 的处理效果较好,平均去除率分别为 63.76%、59.32%。

2.2.2 TN 和氨氮的去除效果

图 4 为 HYBAS 工艺对甲鱼养殖废水中 TN、氨氮的处理效果。

甲鱼养殖废水中有机成分较高,具有很好的可生化性。在缺氧池内,由于污水中有机物浓度较高,微生物处于缺氧状态,此时微生物主要为异养菌,这些异养菌将废水中大分子有机物分解为小分子,将有机氮转化为氨氮,并依靠废水中的高浓度有机物完成反硝化作用,将硝态氮、亚硝态氮还原为氮气排放。而 HYBAS 池生物填料上自养菌通过硝化作用将废水中的氨氮转化为硝态氮、亚硝态氮,将大分子有机物分解为小分子,通过沉淀回流输入到缺氧

池内,为缺氧池提供碳源和氮源,确保反硝化顺利进行。在缺氧池和 HYBAS 池中均安装有聚乙烯填料,整个生化处理过程主要依赖于附着在填料上的多种微生物共同完成。

从图 4 可以看出,运行前期进出水 TN、氨氮总体差别不大,HYBAS 工艺处理效果较差,从运行第 11 周开始,TN、氨氮的处理效果明显提升。这是因为异养菌的适宜温度为 20~40℃,当气温低于 15℃时会降低异养菌的代谢速率,进而影响反硝化过程的脱氮效果。HYBAS 工艺前期运行时间为冬季,环境气温较低,因此 TN 和氨氮去除效果较差,而后期运行时间为次年春夏季,环境气温回升至异养菌适宜温度,生化处理过程正常进行,导致 TN 和氨氮的去除效果明显提高。由于运行前期受低温环境影响,处理效果较差,仅考虑运行后期(第 11 至 21 周)的 TN、氨氮平均去除率,分别为 42.84%、85.71%。可见,当 HYBAS 工艺正常运行时,其对 TN 的处理效果一般,对氨氮的去除效果较好。

2.3 出水水质分析

目前我国还没有针对甲鱼养殖废水处理出水的水质要求规范,因此本研究的预期出水水质按照《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中Ⅳ类水和《浙江省水产养殖池塘生态化建设与改造规范》养殖废水排放标准执行,具体标准见表 1。

表 1 预期出水水质标准

Table 1 The designed effluent water quality standards mg/L

项目	COD	TP	TN	氨氮
数值	≤20	≤0.2	≤10	≤1

从图 3、图 4 可以看出,经 HYBAS 工艺处理后,仅在运行前期的个别时段存在出水水质超标现象,运行稳定后,出水 COD、TN、TP、氨氮浓度均达到预期设计的出水水质指标,出水水质情况总体较好。

2.4 HYBAS 工艺优势分析

目前对于甲鱼养殖废水的处理大多采用传统的水质改良剂^[13]和普通活性污泥法,这些技术在运行时均存在一定的缺点,难以完全有效地处理水产养殖废水。水质改良剂能有效降低养殖废水中的氮磷含量,但处理效果维持时间较短,且长期使用易导致底质恶化;普通活性污泥法对养殖废水处理效果较好,但是设施占地面积较大、抗冲击负荷能力差,不适合水质条件变化较大的情况。

本研究在总结其他废水处理工艺的基础上,采

用 HYBAS 工艺对甲鱼养殖废水进行处理。从技术角度来看,该处理工艺设计比较新颖,可靠性较高,系统处理效果也表现良好;从建设费用来看,工程化建设时所有处理设施的池体可以全部采用砖砌覆膜的方式进行建设,可大大降低建设成本,而生化处理装置的安装成本相对较低,适合大规模推广应用;从运行费用来考虑,该处理工艺仅包括水体必要的提升和生化处理阶段需要的池体曝气等动力系统,运行费用主要是电费,以废水处理规模为 20 t/d 计算,日运行费用约为 6 元/d,即平均每吨甲鱼养殖废水的处理费用为 0.3 元,HYBAS 工艺具有一定经济性。

另外,经 HYBAS 工艺处理后的废水水质较好,可以考虑循环利用,如水产养殖场内有其他青虾等耗水量较大的水产养殖品种时,则可以考虑使用处理过的甲鱼养殖废水作为补充用水和循环用水使用,使水资源得到最大程度的利用。

3 结 论

甲鱼养殖的温室废水污染严重,污染程度明显高于外塘废水,将温室废水和外塘废水混合后收集在囤水池中,采用 HYBAS 工艺对囤水池废水进行处理。HYBAS 工艺对甲鱼养殖废水处理效果较好,COD、TP 平均去除率分别为 63.76%、59.32%;受冬季低温影响,HYBAS 工艺运行前期对 TN、氨氮去除效果较差,而运行后期去除效果良好,TN、氨氮平均去除率分别为 42.84%、85.71%,处理出水总体满足 GB 3838—2002 中Ⅳ类标准和《浙江省水产养殖池塘生态化建设与改造规范》养殖废水排放标准。相较于传统的水质改良剂和活性污泥法来说,HYBAS 工艺建设费用低、抗冲击负荷能力强、处理效果良好,是一种简单易行的甲鱼养殖废水处理工艺,适合进行大规模推广应用。

参考文献:

- [1] QIN G, LIU C C, RICHMAN N H, et al. Aquaculture wastewater treatment and reuse by wind-driven reverse osmosis membrane technology: a pilot study on Coconut Island, Hawaii[J]. Aquacultural Engineering, 2005, 32(3/4): 365-378.
- [2] ZHOU Y, YANG H S, HU H Y, et al. Bioremediation potential of the macroalga *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) integrated into fed fish culture in coastal waters of North China[J]. Aquaculture, 2006, 252: 264-276.
- [3] 陈重军, 张蕊, 王亮, 等. 适宜填料提高温室甲鱼养殖废水曝气生物滤池处理效能[J]. 农业工程学报, 2013, 11: 173-178.

(下转第 956 页)