

节能减排背景下基于 MSBR 的城市混合型污水处理技术研究

石婷方 唐利明 王舒

华蓝设计(集团)有限公司 530000

摘要:在“双碳”目标约束下,如何确保水安全的同时,提升排水系统能效,推动水质保障的协同优化与碳减排,是当前待解决的重大问题。为探索最佳性能的基于改良式序列间歇反应器的城市混合型污水处理工艺,研究采用原水分流、缺氧池添加悬浮填料以及混合液回流量控制的方法对工艺进行优化。对比实验结果表明,通过原水分流和添加悬浮填料的方法改进工艺能够有效提高污水处理效果,四项指标的去除率分别提高了 1.49%、6.10%、2.33%、19.65%。混合液回流量对有机物以及氨氮的去除影响不大,对于总氮和总磷的影响较大。根据该结果优化的 MSBR 工艺,能够在碳减排的同时实现更加高效的污水处理,对城市污水处理减排具有积极意义。

关键词:节能减排;改良式序列间歇反应器;城市混合型污水;混合液回流量;工艺优化

Research on urban mixed sewage treatment technology based on MSBR under the background of energy saving and emission reduction

Shi Tingfang Tang Liming Wang Shu

Hualian Design (Group) Co., LTD. 530000

Abstract: Under the constraint of "dual carbon" goal, how to ensure water security, improve the energy efficiency of drainage system, promote the collaborative optimization of water quality assurance and carbon emission reduction is a major problem to be solved at present. In order to explore the best performance of the urban mixed wastewater treatment process based on the improved serial batch reactor, the method of raw water diversion, the addition of suspension filler in the anoxic tank and the control of the return flow of the mixed liquid were studied to optimize the process. The experimental results show that the treatment effect of wastewater can be effectively improved by the method of raw water diversion and suspension filler, and the removal efficiency of the four indexes is increased by 1.49%, 6.10%, 2.33% and 19.65% respectively. The return flow rate of the mixture had little effect on the removal of organic matter and ammonia nitrogen, but had great effect on total nitrogen and total phosphorus. According to the results, the optimized MSBR process can realize more efficient sewage treatment while reducing carbon emission, which has positive significance for urban sewage treatment and emission reduction.

Key words: energy saving and emission reduction; Improved sequential batch reactor; Urban mixed sewage; Mixed liquid return flow rate; Process optimization

引言

社会的高速发展在为人们生活带来便利的同时,也制造了大量工业、生活污水,进而造成了水污染问题。水污染会造成严重的水资源缺乏问题,同时也制约了社会的经济发展。随着生态环境日渐受到重视,污水排放标准也得到了相应的提高^[1]。而传统的污水处理一般使用电动阀门,实现集中智能控制,但采用电力启闭会带来增加能耗,进而导致碳排放的增加。为减少在污水处理过程中的碳排放,可以使用生物处理技术。目前的生物污水处理技术中,改良式序列间歇反应器(MSBR)具有较为优良的性能^[2]。在实际应用中,该工艺仍存在一定的局限性,例如几个处理池的容积比设置不够合理、脱氮和除磷两个去除效果无法达成平衡等问题^[3]。为进一步优化工艺,实现城市混合型污水的高效处理,研究采用原水分流、缺氧池添加悬浮填料以及混合液回流量控制的方法对工艺进行优化,并探索具有更佳性能的工艺设计方法。

1. 基于 MSBR 的污水处理实验装置与方法

当前,污水处理厂已成为主要碳排放源之一。研究为减少污水处理过程中的碳排放,将装置中产生的碳源作为污水处理原料之一,使用 MSBR 工艺实现在对污水的脱磷除氮的同时减少碳排放的目标。研究采用 MSBR 中试试验装置进行工艺参数优化的探索,该装置由七个池子组成,其平面布置情况及运行流程如图 1 所示。装置中的进水为广西某污水处理厂沉砂池出水,设计水流量为每天 24 立方,混合液和污泥回流为 1.5Q,将每四个小时设定为一个实验周期。在一个周期中,序批池的进出水通过轮换进行,一个操作半个周期。而其他池子进出水同时进行。

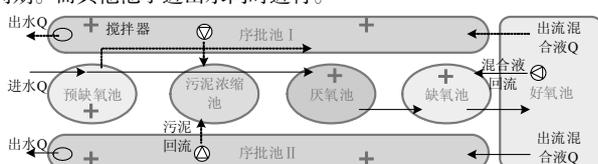


图 1 装置布置及工艺流程图

进水温度在 15 到 30 摄氏度之间,酸碱度保持在 7 到 7.5, COD 浓度为 100~200mg/L, NH_4^+-N 和 TN 含量为 20 ~ 50mg/L, TP 含量为 2 ~ 5mg/L。试验设备有进水提升泵和水解酸化池各两个。在两个水解酸化池一个放置一定量的弹性填料,另一个则不放。提升水泵的功率皆为 1KW。水解酸化池的外径长为 1.25m,长度为 2.8m。为保证装置长期使用,研究在装置施工过程中采用钢板进行各个池子的建设。每个池子的具体规格如下:污泥浓缩池的有效容积为 0.5m³,水力停留时间为 0.5h;预缺氧池的有效容积为 0.4m³,水力停留时间为 0.4h;厌氧池、缺氧池以及好氧池的有效容积分别为 1.1m³、2.8m³、6.8m³de,水力停留时间分别为 1.1h、2.8h、6.8h;序批池的有效容积为 6.0m³,水力停留时间为 6.0h。MSBR 装置中安装的设备有曝气头、搅拌器、计量泵以及电磁阀。此外,为了实现装置的自动控制,研究采用 PLC 对各种机电设备进行控制处理。试验需要检测的污泥指标有混合液悬浮固体浓度 (MLSS)、COD、 NH_4^+-N 、TN、TP 含量和各池溶解氧。

2. MSBR 工艺污泥的培养与驯化

2.1 污泥的培养

研究采用连续培养与间歇培养的方法对污泥进行培养。使用的接种污泥为广西壮族自治区某污水处理厂生化池内的活性污泥。在污泥收集完成之后,研究发现污泥样本中存在少量大体积的固体杂质,故在试验开始前对污泥进行过滤处理。在处理好之后,将其与污水一同加入好氧池中并保证好氧池中水深达到池深的一半。加入完成后,不管溶氧浓度,让污泥在池中闷曝 24 小时。沉淀完成后,使用潜水泵将上层液体进行抽取,留下污泥。然后再向池中加入污水,并进行同样操作,如此循环反复。当污泥的 MLSS 值达到 1500mg/L 时结束上述操作。由此,间歇培养操作结束,开始连续培养,保持持续的进出水、回流。将此时的回流量保持在 0.75Q,池中溶氧浓度控制在 2 ~ 4mg/L。

2.2 污泥的驯化

污泥浓度达到要求之后,说明污泥培养阶段已基本完成,接下来需要对污泥进行驯化,使得各个反应池中需要的菌种成为优势菌

种。厌氧池中需要的优势菌种为聚磷菌，而缺氧池中的优势菌种为反硝化菌，好氧池中需要的优势菌种为硝化细菌。试验将水流量调整到设计流量，并将混合液和污泥回流量设置为 1.5Q。研究利用曝气支管对好氧池内溶解氧浓度进行控制，控制范围为 2~3mg/L。研究针对实时检测的 MLSS 值对好氧池排泥量进行控制，使单位为 mg/L 的 MLSS 值在[3000,4000]区间内波动。驯化结束的标志是 COD、NH₄⁺-N 和磷酸盐三个指标的出水浓度分别为 30~40mg/L、1mg/L、1mg/L。

3. 基于 MSBR 的污水处理技术的优化及试验分析

3.1 MSBR 工艺的优化及试验分析

为了在实现碳减排的同时，达到更加优秀的污水处理效果，研究对 MSBR 工艺进行优化试验。针对研究所使用的污水类型可知，在试验过程中可能会出现有机碳源不充裕的问题。这将导致 MSBR 工艺对于有机物、氮、磷的去除效果不够理想。为减少污水处理过程中的碳排放，研究在不外加碳源的情况下对常规 MSBR 工艺进行改进和优化。研究将进水方式改为原水分流，在预缺氧池中进水 0.2Q，同时也在厌氧池中进水 0.8Q，且在好氧池中添加悬浮填料。在相同的试验条件下，对改进前后的工艺在对污水中有机物、氮、磷去除上进行对比分析。常规 MSBR 工艺进水流量一般为 1 立方每小时，各池之间的回流量皆设计为 1.5Q。使用改进前后工艺处理污水，处理过程持续两周时间。同时对出水中各指标浓度进行定时检测。各指标去除效果对比如图 2 所示。

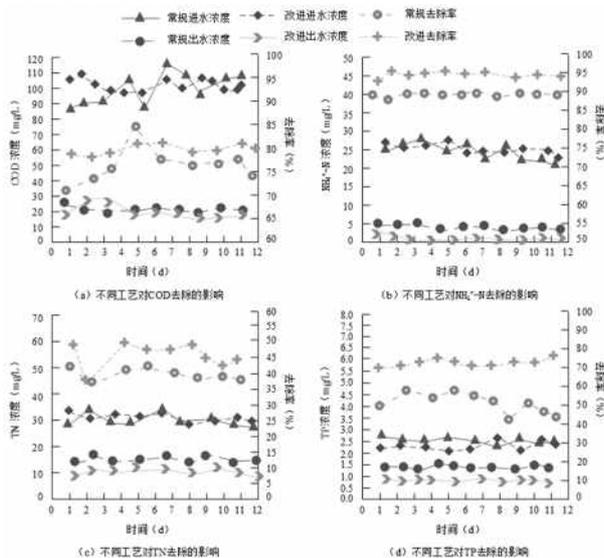


图 2 改进前后工艺 COD、NH₄⁺-N、TN 以及 TP 的去除效果

由图 2 (a) 可知，常规工艺和改进工艺平均 COD 去除率分别为 78.81%和 81.30%。由此可知，两种工艺都具有较好的 COD 去除效果，但工艺改进后对 COD 的去除效果并没有明显提升。这是由于厌氧池中的厌氧菌将污水中难以处理的有机物进行了分解。同时，污水的可生化性得到改善，能够为后续脱磷提供更多碳源物质。由图 2 (b) 可知，常规工艺和改进工艺平均出水浓度为 2.2mg/L 和 0.7mg/L，相较于传统工艺，改进后的 MSBR 工艺的 NH₄⁺-N 去除率提高了 6.10%。这主要是因为悬浮填料在池中充当了一个微生物滋生环境的作用，进而促进了系统去除污水污染物质的能力。同时，由于微生物系统的构建完成，池中生物总量也得到了增加，这也间接保障了硝化菌的生长。由图 2 (c) 可知，改进前工艺对 TN 的平均去除率为 48.22%，而改进后工艺的 TN 去除率相较于传统工艺提升了 2.33%。改进工艺对于 TN 的去除效果与常规工艺相差不大，但最终的出水浓度已经满足标准所需。由图 2 (d) 可知，改进工艺的 TP 去除效果更佳。改进工艺的 TP 去除率提高了 19.65%。

3.2 混合回流量对污水处理效果的影响分析

经过上节的试验结果可知，研究所设计的改进工艺在 TP 的去除上具有较好的处理效果，相对来说 TN 的去除效果就比较小。此外，虽然对 TP 的去除率得到了较为明显的提高，其出水浓度仍然不能够达到所要的排放标准。混合回流是污水处理中的一个重要操作，该操作过程会导致池中溶解氧浓度变化，进而消耗大量有机碳。为此，研究考虑寻找最佳的混合液回流量以期达到最佳的污水

处理效果。研究在改进工艺基础上对混合液回流量进行调整，试验运行条件与之前试验一致，同时将好氧池到缺氧池的混合液回流量设置为 0、Q、1.5Q，对比三种不同的混合液回流量对系统氮、磷的去除效果。试验结果如图 3 所示。

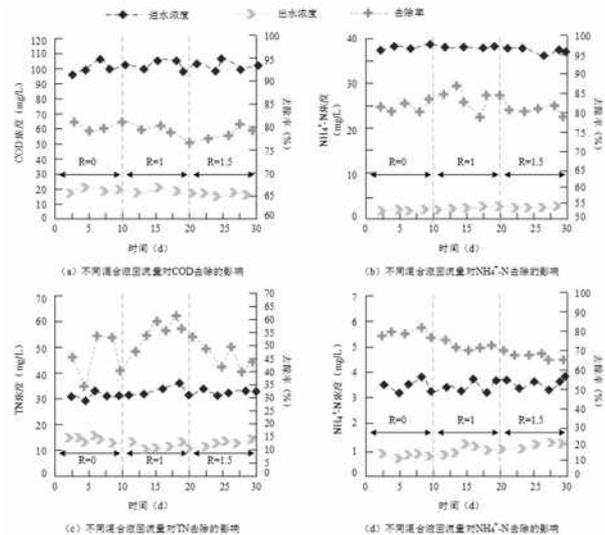


图 3 不同的混合液回流量对系统氮、磷的去除效果

由图 3 可知，COD 不受混合液回流量影响，出水浓度在 20mg/L 左右，可稳定达到排放标准。其对 NH₄⁺-N 去除率也基本无影响，出水浓度均稳定在 0.7mg/L 左右，能够稳定达到排放标准。其对 TN 的去除影响较大，其中混合液回流量为 Q 时，TN 去除效果最佳，去除率提高了 3.10%，出水浓度能够达到稳定一级 A 标准。当回流量设置为 0 时，污水中 TP 的去除率最高，达到了 76.98%。在回流量设置为 Q 和 1.5Q 时，TP 的去除率皆达到了 70%以上。

4. 基于 MSBR 的污水处理技术的优化建议

通过上述实验分析之后，研究针对本实验结果以及现有工艺存在的问题提出以下建议：

- (1) 池内营造合适的生态环境很重要，在进行污水处理时可考虑加入悬浮料以及同时进水的方式。
- (2) 污泥回流量是 MSBR 工艺污水处理中的重要参数，之后可通过进一步试验验证得到更加合适的参数设置。
- (3) 在进行出水操作时可考虑使用空气罩虹，这种出水方式能够在最大程度上保证吸出的水中不含污泥。
- (4) 在实验过程中发现，碳源不充足会导致污水处理效果大大降低。因此建议在实际应用中可将工业产生的碳源外加进污水处理装置中，在对污水进行处理的过程中能够进一步实现碳减排。

5. 结论

经过上述试验与工艺改进研究，研究得出以下两点结论：

- (1) 对比试验中研究发现，两个工艺对 COD 的去除效果相差不大，且去除效果良好。对于 NH₄⁺-N 的去除效果，改进后的工艺的去除率相较于常规工艺提高了 6.10%。但在 TN 和 TP 两个的去除上，两种工艺都未达到较为理想的效果。
- (2) 在实验过程中发现，混合液回流量的设置能够直接影响到污水处理的效果，脱氮除磷效果会随着回流量的变化而变化。将回流量设置为 Q 时，污水中 TN 的去除效果最佳，当回流量设置为 0 时，污水中 TP 的去除率最高。在回流量设置为 Q 和 1.5Q 时，TP 的去除率皆达到了 70%以上。综合考虑，实验中混合液回流量采用 Q，在后期加铁盐和铝盐对 TP 做进一步去除。
- (3) 使用 MSBR 工艺能够在污水处理的过程中实现碳减排。

参考文献：

[1]梁郡.MSBR 工艺在污水处理厂中的应用——以江苏某污水处理厂为例[J].净水技术, 2021, 40 (4): 121-126.
[2]刘杨华, 陈波, 刘丽, 等.MSBR 与 BAF 工艺用于市政污水处理工程提标扩建[J].中国给水排水, 2020, 36 (14): 109-112.
[3]杨洪琼, 陈博儒, 陈琼, 等.MSBR 在污水处理中的应用现状与展望[J].环境科技, 2020, 33 (3): 74-78.