

城镇污水处理厂提标改造技术研究进展

李凯龙

青海洁神环境科技股份有限公司

摘要: 本文以某项目为例,对于城镇污水处理厂提标改造技术应用要点展开分析,内容涉及一级A标准改造思路、类四类水标准改造思路等,并且从整体运行情况、冬季运行情况、水量情况、进水水质、进水可生化性、进水碳氮比、碳源投加量、碳源节约量经济性、BBR生化系统反硝化速率、吨水电耗等方面来评估BBR工艺改造效果,以此来积累相应的改造经验,为同类型城镇污水处理厂提标改造提供参考。

关键词: 城镇污水处理厂; BBR工艺; 提标改造技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.10.106

一、项目概述

沧州市运东污水处理厂提标改造工程设计规模为10.0万 m^3/d ,工程原有主体工艺为AAO工艺,原有排放标准为《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准。在此次提标改造活动中所使用的主体工艺为BBR生化处理工艺,改造后排放标准为《黑龙江及运东流域水污染物排放标准》(DB13/2797-2018)重点控制区排放标准,具体改造活动中的主要内容是将原有生化系统AAO工艺改造为BBR工艺,前端预处理及后端深度处理利旧;对加药间、配电室、脱泥机房内部分设备进行更新或增设,以满足相应的发展需求。

二、城镇污水处理厂提标改造技术应用要点

(一) 一级A标准改造思路

一级A标准改造思路如下:(1)预处理部分几乎不需要变动,对老化设备进行更换,同时设置超越管,满足相应的使用要求。(2)BBR转盘会设置在缺氧池,直接替换缺氧池为BBR池。(3)工艺中也会增设混合液回流装置,将初步处理的污水回流到原厌氧池进行处理。如果出现回流泵单台流量较大的情况,那么也会增加变频器动态调整各类结构,维持系统运行状态的稳定性。若原有好氧池的停留时间 $\geq 8h$,那么此次改造会将其均分为四个池子,作用是分阶段控制溶解氧,并且在第一个池内增设搅拌器设备。若原有好氧池的停留时间 $< 8h$,那么此次改造会将BBR转盘设置在厌氧池,经过处理的混合液也会通过管道回流到原厌氧池,搭配变频器灵活控制泵结构工作状态。(4)外回流维持、二沉池不做改造,基于剩余污泥量、原生污泥量、物化污泥量计算储泥池停留时间和脱泥机能力,需要将储泥池停留时间控制在8-12h,脱泥机会根据实际情况进行选择。(5)做好鼓风机风量核算,使其可以满足BBR工艺运行要求。

(二) 类四类水标准改造思路

类四类水标准改造思路如下:(1)如果原好氧池中污水的停留时间不低于12.5h,那么此时BBR设备会直接布置在缺氧池,厌氧池则会作为混合池进行应用,如

果在运行中单台回流泵的流量超过了1.5Q,那么会在系统中增加变频器,实现水流量的动态调整。(2)为了确保改造后出水总氮量的达标率,会在原好氧池末端分隔出一级A/O来作为二级生化池,运行时一级生化池处理时间不低于10h,同时根据污水量适当延长A/O池内的停留时间,一般情况下A池当中的停留时间应控制在2-4h,0池停留是爱金需控制在0.5-1h。(3)如果原好氧池内的停留时间小于12.5h,此时则选择将厌氧池作为BBR池,增设混合液回流设施,原有的缺氧池会作为BBR一级生化池的1号池,同时会在原好氧池末端分隔出一级A/O来作为二级生化池,保证一级生化池中总停留时间超过8h,确保污水反应过程的合理性。(4)在二沉池后端需要补充设置高密沉淀池+转盘滤池,同时也会根据现场情况添加臭氧氧化+活性炭吸附工艺,提高水质处理效果的可靠性。

(三) CASS工艺提标改造

1. BBR转盘放置

在BBR转盘放置过程中需要注意以下内容:(1)将BBR转盘按要求放置在生物选择区当中,此时生物选择区则会作为BBR池进行使用。(2)如果原CASS池在应用中采用了并联运行的方法,原有CASS工艺污泥回流则会作为BBR工艺内回流进行应用,如果此时回流泵的单台流量超过某一限值,那么会在其中增设变频器,保持污水在池内停留的时间不少于8.0h,水池也会均分为四个池子,对各段的溶解氧进行合理化控制,第一个分化池中会增加搅拌器,拆除CASS池内原有的滗水器,同时增加曝气设备。(3)如果原有CASS池使用了串联运行的方式,若其中不添加隔墙结构,那么原CASS工艺污泥回流会作为BBR工艺内回流,结合现场的实际情况调整回流泵具体位置,使其可以满足具体的应用要求。(4)在改造活动中,在单组生化池可以满足BBR工艺运行要求时,则不需要对多余池容进行改造,减少应用成本支出。

2. BBR设备单独设置

在BBR设备单独设置过程中,需要注意以下内容:(1)将生物选择区作为混合池,并且在混合池后增设BBR设备处理单元,满足不同情况下的处理要求。(2)若原CASS池采用了并联运行的方式,那么此时原CASS工艺污泥回流池内会用作BBR工艺内回流池,并且将预反应区和主反应区作为BBR生化池,将生化池均分为四个生化池,搭配足够的搅拌器,满足相应的使用要求。(3)若原CASS池采用了串联运行的方式,那么此时原CASS工艺回流作为BBR工艺内回流,调整回流泵摆放位置,确保生化池污水停留时间不少于8h,搭配着搅拌器和滗水器来营造良好运行环境。(4)若原CASS池运行方式相对独立,此时则会对回流泵流量进行核算,如果原回流量小于1.0Q,此时则需要适当增加回流泵,反之

则增设变频器来维持稳定运行状态。

(四) 氧化沟工艺提标改造

在氧化沟工艺提标改造过程中，需注意以下内容：

(1) 将BBR设备放置在缺氧段内，对于原有的厌氧池进行保留，混合液回流管与厌氧池关联在一起，形成良好的污水处理环境。(2) 了解回流闸门工作情况，结合实际情况调整相关参数，同时增设底部曝气装置，满足相应的使用要求。(3) 若前端有初沉池的，需要根据实际进水指标判断是否增设进水超越管，为后续处理活动提供生化性。(4) 对于物化污泥量进行核算，根据反馈参数来对脱泥机能力、储泥池停留时间等内容进行优化设计，满足新的规范要求。(5) 所有表曝气机需要全部进行拆除，增加新的底曝机。

三、城镇污水处理厂提标改造效果评估

(一) 整体运行情况

该运东污水处理厂自2020年7月BBR工艺提标改造完成，2020年8月1日启动调试至今，系统各项运行参数处于非常理想的运行状态，出水的达标率达到了100%。在第三方抽检活动中，其中涉及各项指标均满足《黑龙港及运东流域水污染物排放标准》(DB13/2797-2018)重点控制区排放标准。相比于为改造前，各项指标都

到了有效提升，如稳定性、耐低温性、抗冲击性等。另外，在系统运行过程中，碳源投入量、吨水电耗相比去年有了明显降低，工艺整体运行效果得到了显著提升。

(二) 冬季运行情况

如图1所示，在改造活动完成后，得到了以下处理结果：(1) 2020年1月还未改造时的系统进水最低温度是12℃，而平均的进水温度为12.4℃，在BBR工艺引入后，系统进水最低温度为8.9℃，而平均的进水温度为9.9℃。由此可见，在BBR工艺引入后，出水指标全部达标，耐低温性得到了显著提升。(2) 根据图1中统计数据可以了解到，在BBR工艺引入后水温不超过12℃的天数为31天，水温不超过10℃的天数为16天，水温不超过9℃的天数为1天，由此可以得知，BBR工艺1月份一直都是在较低水温环境下运行。(3) 基于NH₃-N、TN数据分析结果可以得知，全月出水均满足要求，而出水时NH₃-N浓度均值为0.45mg/l，平均去除率超过了98%；出水时TN浓度均值为11.8mg/l，平均去除率超过了75%，表示BBR工艺引入后具备了良好的脱氮优势。(4) 传统工艺在温度小于12℃后，会延缓硝化细菌代谢周期，在低于10℃后会处于更低状态，无法满足预设的脱氮要求。而BBR工艺则可以弥补这些不足，具有较强的耐温性。

改造前后同期水温对比及改造后进出水达标统计表								
2020年(改造前)	2021年(改造后)	水温差值	2021年(改造后)					
水温(°C)	水温(°C)	20-21	进水NH ₃ -N(mg/l)	出水NH ₃ -N(mg/l)	去除率	进水TN(mg/l)	出水TN(mg/l)	去除率
12	10.3	1.7	34.1	0.38	98.88%	46.7	11.6	75.09%
12.1	10.4	1.7	34.9	0.44	98.73%	47	11.8	74.89%
12.2	10.6	1.6	38.9	0.51	98.69%	50.9	11.8	76.75%
12.4	10.6	1.8	36.7	0.52	98.57%	58.2	11.5	80.24%
12.4	10.4	2	34.1	0.38	98.89%	48.8	11.8	75.75%
12.4	9.7	2.7	33.6	0.35	98.95%	48.2	12.5	74.00%
12.4	8.9	3.5	34.4	0.33	99.05%	48.6	11.8	75.72%
12.2	9.1	3.1	38.1	0.33	99.13%	49.7	11.8	76.32%
12.3	9.4	2.9	38.2	0.43	98.87%	50.2	12	76.03%
12.4	9.3	3.1	38.1	0.46	98.78%	49.8	11.9	76.10%
12.3	9.5	2.8	34.7	0.22	99.38%	48.5	11.9	75.53%
12.3	9.6	2.7	33.7	0.27	99.21%	45.8	12.5	72.63%
12.3	9.6	2.7	35.5	0.27	99.24%	49.2	11.8	76.02%
12.2	9.9	2.3	34	0.39	98.86%	46.8	12.1	74.07%
12.1	10	2.1	38.6	0.37	99.03%	49.7	11.7	76.53%
12.2	10	2.2	36.5	0.41	98.88%	48.3	11.5	76.26%
12.2	9.9	2.3	38.2	0.45	98.82%	50.2	12.7	74.77%
12.2	9.7	2.5	41.4	0.78	98.11%	53.7	12.2	77.28%
12.2	9.6	2.6	40.7	1.25	96.92%	54.6	13.2	75.89%
12.3	9.6	2.7	36.9	0.92	97.52%	49	11.7	76.12%
12.3	9.7	2.6	36.2	0.35	99.04%	48.8	12	75.41%
12.5	9.9	2.6	36.7	0.37	98.99%	49.7	11.7	76.46%
12.6	10	2.6	38.9	0.4	98.98%	52.1	11.9	77.16%
12.7	10	2.7	37.8	0.42	98.90%	51.1	11.7	77.04%
12.6	10.1	2.5	29.7	0.34	98.87%	42.5	11.5	73.02%
12.6	10.2	2.4	30.8	0.33	98.93%	42.8	11.9	72.22%
12.8	10.3	2.5	34.9	0.46	98.68%	48.3	11.9	75.41%
12.8	10.1	2.7	35.9	0.43	98.81%	47.2	10.3	78.18%
12.8	9.9	2.9	37.9	0.62	98.36%	50.2	11	78.14%
12.7	10	2.7	37.2	0.44	98.82%	50.2	11.7	76.69%
12.7	10.1	2.6	37.1	0.49	98.69%	51.7	11.7	77.29%
12.8	10.6	3.5	41.4	1.25	99.38%	58.2	13.2	80.24%
12	8.9	1.6	29.7	0.22	96.92%	42.5	10.3	72.22%
12.4	9.9	2.5	36.28	0.45	98.76%	49.3	11.8	75.90%

图1 改造前后同期水温对比及改造后进出水达标统计表

(三) 水量对比分析

如图2所示，其统计的8月份数据是BBR工艺调试工作开始后8月1日-8月25日的数据，剩余则是当月26日到下月25日的数据。根据得到的分析数据可以得出以下

结论：在提标改造工作结束后，其9月-11月的平均进水量，相较于去年同期出现了较大差异，即改造后的平均进水量超过了去年同期，平均差值达到了2321m³/d。而且最大进水量数值也都超过了设计值，可以很好地满足

日期	最大水量 (m ³ /d)		最小水量 (m ³ /d)		平均水量 (m ³ /d)		平均值 差值
	2019年	2020年	2019年	2020年	2019年	2020年	
8月	105488	101273	83872	68430	98691	95559	-3132
9月	90131	108459	47904	67216	74266	91326	17060
10月	71332	100332	59973	46781	64928	79250	14323
11月	72360	96165	60618	49495	64564	73819	9256
12月	85339	68863	69143	56176	77092	63988	-13104
	2020年	2021年	2020年	2021年	2020年	2021年	
1月	80516	65759	61845	58282	75942	62297	-13645
2月	64145	71325	51637	48206	56068	60026	3958
3月	69601	76839	54721	58654	59538	67100	7562
4月	79953	67876	48703	54966	62025	60640	-1386
平均	-	-	-	-	70346	72667	2321

图2 同期水量对比分析表

目前的运行要求。

(四) 进水水质对比

水厂在BBR工艺改造前后，具体的分析结果如下：

(1) COD进水指标在改造后相比改造前有降低趋势，改造后出水平均去除率都高于92%，出水稳定，达标率100%。(2) BOD平均值也有下降趋势，同比往期降低了7mg/l，且BOD平均去除率超过了92%，出水过程的稳定性较强，达标率达到了100%。(3) NH₃-N进水值相较于往期的波动较小，在冬季时的进水指标相对较高，进水NH₃-N去除率超过了99%，出水稳定，达标率达到了100%。(4) TN进水数值的波动较小，在冬季时该数值整体较高，但是其平均值依旧在设计值以内，但是在2021年3月、4月出现进水值超出设计值的情况。经过改造后的出水去除率超过了75%，达标率达到了100%。

(5) TP进水数值的波动处于较小状态，平均值较往期小了0.03mg/l，经过改造后的出水去除率超过了96%，达标率达到了100%。(6) SS进水数值的波动处于较小状态，经过改造后的出水去除率超过了92%，达标率达到了100%。

(五) 进水可生化性

整理进水可生化性的相关参数后，可以得到以下分析结果：进水BOD/COD数值在改造之前，其数值维持在0.32-0.43mg/l，而其BOD/COD平均值为0.354mg/l。在BBR工艺引入后，其数值维持在0.32-0.40mg/l，而其BOD/COD平均值为0.358mg/l。根据得到的对比数可以得知，进水处BOD/COD数值没有出现明显的波动，由此可见，在系统改造前与改造后的可生化性均处于比较稳定的状态，可满足相应的发展要求。

(六) 进水碳氮比对比

整理进水碳氮比对比的相关参数后，可以得到以下分析结果：进水碳氮比在改造之前，其数值维持在1.88-3.05mg/l，而求解得到的碳氮比平均值为2.18mg/l，并且实际碳氮比数值小于2mg/l的共有4个月。在BBR工艺引入后，进水碳氮比维持在1.84-2.54mg/l，而求解得到的碳氮比平均值为2.04mg/l，并且碳氮比数值小于2mg/l的共有6个月。无论是改造前还是改造后，进水碳氮比数值小于设计值3.38mg/l。而改造后进水碳氮比相较于改造前进水碳氮比，其平均值要平均值低0.14mg/l。

(七) 碳源投加量对比

整理碳源投加量对比的相关参数后，可以得到以下

分析结果：BBR工艺提标改造活动结束后，2020年8月1日—2021年4月25日，碳源投加相比的平均节约量为17.6%；2020年下半年（8月—12月）平均节约碳源投加量68.4%，其中8月份的节约度最高，达到了311.4%；2021年3月相比2020年平均节约碳源投加量67.5%；2020年11月平均节约碳源投加量—40.7%，导致此类问题出现的原因在于，为了提前应对冬季低温状态下系统运行情况，会提前降低MLSS，这样也使得系统污泥逐步增长，从而造成了出水TN波动，引起碳源投加量增加的情况；2021年4月平均节约碳源投加量—45.2%，导致此类问题出现的原因在于，地区进行了下水道清淤工作，导致大量淤泥、杂质进入了系统当中，降低了系统中有效污泥浓度，使得系统生物活性降低，引起碳源投加量增加的情况^[1]。

(八) 碳源节约量经济性

BBR工艺在投入使用后，整理2020年8月1日至2021年4月25日的的数据，可以得到以下分析结果：整体投入碳源节约的绝对量占比为17.6%，考虑到进水碳氮比的差异，2019年平均进水碳氮比为2.23，投加碳源后碳氮比为2.69；2020年平均进水碳氮比为1.91，投加碳源后碳氮比为2.48，2020年下半年相比2019年同期平均节约碳源投加量68.4%。汇总上述数据后，在BBR工艺应用后可以有效减少碳源使用，具有良好的经济性^[2]。

(九) BBR池反硝化速率

从并联的BBR池中随机选择其中一组生化池来整理相关数据，在进出水数据反硝化速率的整理中，整理了随机6天的相关数据，根据获取到的数据可以得知，BBR进水的BOD平均值为102mg/l，TN平均值为54.6mg/l，平均碳氮比为1.87。BBR设备TN绝对去除率为31.31%。综合各项数据后，BBR设备池反硝化速率为0.035kgN03/kgMLVSS·d，可满足相应的使用要求^[3]。

(十) 吨水电耗分析

根据统计数据显示，BBR工艺在2020年8月—2021年3月吨水电耗为0.328kwh/m³，改造前2019年—2020年同期吨水电耗为0.372kwh/m³，平均节约电耗为0.044kwh/m³。统计水量后可以节约电耗787435kwh，满足相应的使用要求。

四、结语

综上所述，在城镇污水处理厂提标改造活动中，BBR工艺具有良好的应用价值，通过整理BBR工艺引入过程中需要注意的内容，可以优化城镇污水处理厂运营环境，提高城镇污水处理厂工作效率。

参考文献

[1] 李激, 王燕, 罗国兵, 等. 城镇污水处理厂一级A标准运行评估与再提标重难点分析[J]. 环境工程. 2020, 38(7): 1-12.
 [2] 张玲玲, 尚巍, 孙永利, 等. 高标准下天津市津沽污水处理厂提标改造效果分析[J]. 给水排水. 2019, (10): 37-41.
 [3] 孙永利, 许光明, 游佳, 等. 常州城市污水处理厂提标改造与优化运行成套技术研究与应用[J]. 建设科技. 2018, (16): 114-118.