

徐楠, 赵静, 孙治富, 等. 高浓度啤酒废水作为污水脱氮除磷工艺补充碳源的应用及经济分析[J]. 净水技术, 2023, 42(4):103-110.

XU N, ZHAO J, SUN Z F, et al. Application and economic analysis of high concentration brewery wastewater as additional carbon source in wastewater denitrification and dephosphorization process[J]. Water Purification Technology, 2023, 42(4):103-110.

高浓度啤酒废水作为污水脱氮除磷工艺补充碳源的应用及经济分析

徐楠¹, 赵静^{1,*}, 孙治富¹, 董建强¹, 臧海龙², 顾瑞环²

(1. 青岛啤酒股份有限公司, 山东青岛 266071; 2. 青岛水务集团环境能源有限公司, 山东青岛 266002)

摘要 全球性资源紧缺与资源节省空间不断收窄是当前社会面临的挑战之一, 从废弃物中回收资源以缓解资源短缺压力一直以来是各个行业的研究热点。啤酒废水作为一种有机物浓度高且无毒无害的废水, 在污水处理与资源化领域得到了广泛关注。文章以青岛啤酒二厂为例, 通过对啤酒生产过程中各个工序的废水水质分析, 定向选择糖化工序中的高浓度有机废水作为污水生物处理过程中的反硝化外加碳源, 补充到污水站 AAO 污水处理工艺中。试验结果表明, 随着高浓度啤酒废水添加浓度的增加, 总氮去除率增高, 总磷去除率变化不明显; 当外加碳源质量浓度为 300 mg/L 时, 总氮平均去除率为 85.51%, 总磷平均去除率为 71.65%, 脱氮除磷效果较好。该研究不仅解决了污水生物处理和反硝化脱氮碳源不足的问题, 也降低了啤酒企业的废水处理成本, 实现经济效益和社会效益双赢, 为啤酒废水资源化方法的实际应用和进一步研究提供思路和参考。

关键词 啤酒废水 高浓度有机废水 热凝固物 资源回收 外加碳源 运行成本

中图分类号: X703 文献标识码: A 文章编号: 1009-0177(2023)04-0103-08

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2023.04.013

Application and Economic Analysis of High Concentration Brewery Wastewater as Additional Carbon Source in Wastewater Denitrification and Dephosphorization Process

XU Nan¹, ZHAO Jing^{1,*}, SUN Zhifu¹, DONG Jianqiang¹, ZANG Hailong², GU Ruihuan²

(1. Qingdao Brewery Co., Ltd., Qingdao 266071, China;

2. Qingdao Water Group Environmental Energy Co., Ltd., Qingdao 266002, China)

Abstract The global resource shortage and the shrinking resources save space is one of the major challenges for the human society. Resources recovery from waste or side-product of manufacturing to ease the pressure of resource shortage has always been a hot topic in various industrial sectors. As a kind of high organic concentration wastewater with poisonless and harmless, brewery wastewater has attracted attentions in the field of wastewater treatment and resource recovery. Qingdao Brewery No. 2 was been an example in this study, the wastewater quality in each stage of beer production was analyzed. The high concentration organic wastewater from saccharification process was selected as the denitrification plus carbon source in the biological treatment of wastewater and added to the treatment process of AAO wastewater station. Results showed that, with the increase of the concentration of high concentration beer wastewater, the total nitrogen removal rate increased, and the total phosphorus removal rate did not change significantly. When the applied carbon source mass concentration was 300 mg/L, the average removal rate of total nitrogen was 85.51%, and the average removal rate of total phosphorus was 71.65%, and the removal effect of nitrogen and phosphorus was good. The problem of insufficient carbon source of municipal domestic wastewater treatment was solved in this research, and the wastewater treatment cost of beer enterprises was reduced as well. Therefore, this application had achieved satisfactory economic and social benefits, which provided ideas and references for the practical application and further research of brewery wastewater recycling method.

Keywords brewery wastewater high concentration organic wastewater thermoset resource recovery additional carbon source operational cost

[收稿日期] 2022-10-14

[作者简介] 徐楠(1968—),女,高级工程师,研究方向为酿酒技术及啤酒废水经济运行,E-mail:xunan@tsingtao.com.cn。

[通信作者] 赵静,女,硕士,研究方向为水污染控制工程与温室气体减排,E-mail:zhaojing@tsingtao.com.cn。

2021年1月—12月,我国啤酒产量为 3.56243×10^{10} L^[1],其间产生0.9亿~2.5亿 m³的啤酒废水^[2]。啤酒废水主要来源于啤酒生产过程中的浸麦、糖化、发酵、过滤、灌装等工序,其中主要含有糖类、醇类、酵母菌残体、酒花残糟、蛋白质和挥发性脂肪酸(VFA)等^[3],具有良好的可生化性。因此,啤酒废水的处理方式多为生物处理。厌氧-缺氧-好氧(AAO)工艺是一种常用的污水处理工艺,广泛应用于大、中型城镇污水处理厂和工业废水处理工程,具有良好的脱氮除磷效果。生活污水中有机物浓度较

低,为了达到较高的脱氮除磷效率,城镇污水处理厂一般还需要补充碳源。啤酒废水含有较高的BOD₅,使其作为污水处理的补充碳源具有了一定的可行性^[4-6]。

青岛啤酒股份有限公司青岛啤酒二厂的啤酒产能为 8.0×10^8 L/a,单位产品废水排水量为 2.5×10^{-3} m³/L,污水排放量可达170万 m³/a。啤酒废水呈黄褐色,有明显的酸臭味。在啤酒制造的各个环节中都会产生大量废水,但不同生产工序排放出的废水在水质水量方面均存在很大区别,具体如表1所示。

表1 青岛啤酒二厂废水水质及水量

Tab. 1 Wastewater Quality and Quantity of Qingdao Brewery No. 2

产生工序	污染物类别	排放方式	占总排放量	pH值	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	氨氮/(mg·L ⁻¹)	BOD ₅ /COD _{Cr}
制麦	浸麦水	间歇	10%~15%	6.50~7.50	800~1 500	320~550	8.0~20.0	0.45
糖化	淡麦汁、热凝固物、酒糟水、刷洗水	连续	15%~20%	5.50~6.50	20 000~50 000	12 000~40 000	15.0~180.0	0.75
发酵	发酵罐刷洗水、酵母罐刷洗水	连续	15%	5.50~12.00	5 000~20 000	3 000~8 000	10.0~80.0	0.75
过滤	清酒液、刷洗水	连续	20%	6.50~12.00	800~3 000	500~2 000	10.0~50.0	0.70
包装	酒头、酒尾、洗瓶机排放水	连续	30%~40%	7.00~14.00	500~1 500	200~800	8.0~20.0	0.60
动力	制冷、锅炉	连续	2%~3%	6.50~7.50	50~300	10~100	2.0~10.0	0.40
总排放	/	连续	100%	6.00~8.00	1 200~2 500	800~1 800	10.0~30.0	0.60~0.70

啤酒废水富含大量的糖类、蛋白质、淀粉、醇酸类和果胶等。由表1可知,啤酒制造的糖化和发酵工序废水的COD_{Cr}质量浓度高达20 000 mg/L,大部分工序废水的BOD₅/COD_{Cr}在0.50~0.70,可生化性非常好,且无有毒有害物质,具备作为外加碳源所必须的特性。其中,糖化工序废水COD_{Cr}含量在啤酒废水中最高,且可生化性高达0.75,pH呈弱酸性,废水排放量较高。因此,考虑利用糖化废水的特性,将其作为外加碳源补充到污水AAO系统中,稳定提高废水的脱氮除磷效率,使之成为一种利用效率高且无副产物产生的高效碳源^[7-8]。这样不仅是废弃资源的再利用,还能够减少啤酒废水的处理费用。

1 试验材料和方法

1.1 啤酒厂废水处理工艺

青岛啤酒二厂污水处理站设计能力为7 000 m³/d,采用以“厌氧内循环反应器(IC反应器)+AAO+磁混凝沉淀”为主体的生物化学法工艺(图1),处理后的出水稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级A排放标

准(COD_{Cr}≤50 mg/L,氨氮≤5 mg/L,TN≤15 mg/L,TP≤0.5 mg/L,悬浮物≤10 mg/L)。其中,AAO段处理工艺与城镇污水处理厂工艺原理一致,采用活性污泥法进行处理,以此作为研究对象,以糖化工序高浓度有机物废水作为外加碳源进行试验。

1.2 高浓度啤酒废水及污水处理站水质

高浓度啤酒废水:取青岛啤酒二厂酿造车间糖化工段热凝固物冲洗水作为试验用补充碳源,该类废水具有高溶解性COD_{Cr}(SCOD_{Cr})、高酸化度的优点,扣除自身氮、磷去除所需的碳源,等效碳源质量浓度达到26 645 mg/L(表2)。

AAO系统进水水质:厌氧IC反应器出水为各工序混合啤酒废水经初沉池去除悬浮物、调节池均质及酸碱调节后,经厌氧IC反应器处理后的出水(表3)。

1.3 水质分析项目和方法

该试验分析项目和方法如表4所示。

1.4 试验方案设计

1)青岛啤酒二厂污水站有2套AAO系统,其中1#AAO系统作为空白组,2#AAO系统添加不同浓度梯度的高浓度啤酒废水进行试验对比。

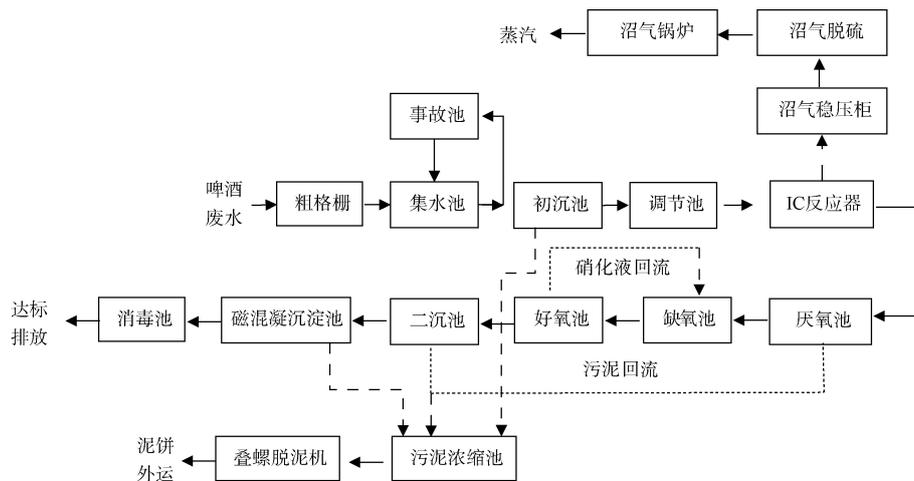


图 1 青岛啤酒二厂废水工艺流程

Fig. 1 Wastewater Process Flow of Qingdao Brewery No. 2

表 2 高浓度啤酒废水常规指标

Tab. 2 Routine Indices of High Concentration Brewery Wastewater

项目	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	SCOD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	VFA/(mg·L ⁻¹)	酸化度	氨氮/(mg·L ⁻¹)	TN/(mg·L ⁻¹)	TP/(mg·L ⁻¹)	pH 值
高浓度废水水样 1	39 770	31 900	23 240	71.8%	166.5	265.00	72.00	5.66
高浓度废水水样 2	47 500	23 222	16 450	69.8%	180.5	312.00	63.00	5.84
高浓度废水水样 3	73 828	32 933	25 480	76.3%	143.0	288.00	111.00	5.49
平均值	53 699	29 352	21 700	72.6%	163.0	288.00	82.00	5.66

表 3 AAO 系统试验水样指标

Tab. 3 Test Water Sample Indices of AAO System

样品	AAO 系统进水水质(未添加高浓度废水)
COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	254
SCOD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	206
BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	187
TN/(mg·L ⁻¹)	25.40
TP/(mg·L ⁻¹)	3.30
VFA/(mg·L ⁻¹)	168
pH 值	7.19

表 4 分析指标和方法

Tab. 4 Analysis Indices and Methods

分析项目	分析方法
COD _{Cr}	《水质 化学需氧量的测定 重铬酸钾法》(HJ 828—2017)
氨氮	《水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法》(HJ 535—2009)
TN	《水质 硝酸盐氮的测定 紫外分光光度法(试行)》(HJ 346—2007)
TP	《水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法》(GB 11893—1989)
污泥浓度 (MLSS)	滤纸称重法,《水和废水监测分析方法》(第四版)

2) 单套 AAO 系统进水量为 100 m³/h, 相应水力停留时间为 15 h, 污泥停留时间控制 7 d 左右, 初始 MLSS 在 4 000 mg/L, 污泥回流比为 80%, IC 回流比为 200%。

3) 高浓度啤酒废水通过污水站内的碳源储存计量添加系统添加至 2#AAO 系统的缺氧段, 对比不同浓度外加碳源(高浓度啤酒废水为外加碳源)投加量下 TN 的去除效果, 以及高浓度啤酒废水添加后, 生化池内 TN、COD_{Cr}、TP 的趋势变化, 确定高浓

度啤酒废水的最佳投加量。

4) 高浓度啤酒废水与乙酸钠作为碳源的比较: 液体乙酸钠(质量分数为 25%)通过污水站内的碳源储存计量添加系统添加至 1#AAO 系统的缺氧段, 高浓度啤酒废水通过污水站内的碳源储存计量添加系统添加至 2#AAO 系统的缺氧段, 对比两种外加碳源投加量下 TN 的去除效果, 并对高浓度啤酒废水及乙酸钠进行经济分析。

2 结果与讨论

2.1 添加高浓度啤酒废水后 AAO 系统试验水样指标分析

由不同浓度的高浓度废水添加量折算添加 COD_{Cr} 质量浓度(0、75、150、250、300 mg/L) 作为试

表 5 添加高浓度啤酒废水后 AAO 系统试验水样指标

Tab. 5 AAO System Test Water Sample Indices after Adding High Concentration Brewery Wastewater

样品	pH 值	COD _{Cr} / (mg·L ⁻¹)	SCOD _{Cr} / (mg·L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	TN/ (mg·L ⁻¹)	BOD ₅ / TN	TP/ (mg·L ⁻¹)	VFA/ (mg·L ⁻¹)
AAO 系统进水(未添加高浓度废水)	7.19	254	206	187	25.40	7.4	3.30	168
AAO 系统试验水样 1([COD _{Cr}] = 75 mg/L)	7.20	316	296	234	25.80	9.1	3.40	188
AAO 系统试验水样 2([COD _{Cr}] = 150 mg/L)	7.16	395	329	269	26.80	10.0	3.60	223
AAO 系统试验水样 3([COD _{Cr}] = 250 mg/L)	7.14	493	376	298	27.30	10.9	3.70	255
AAO 系统试验水样 4([COD _{Cr}] = 300 mg/L)	7.23	542	427	315	28.40	11.1	3.80	283

2.2 高浓度啤酒废水添加对 TN 的去除

由图 2(a)可知,添加不同浓度的高浓度啤酒废水,TN 的去除率逐渐升高。由图 2(b)可知,在试验添加范围内,随着高浓度废水添加浓度的增加,TN 的去除效率出现增长趋势。无外加高浓度废水时,对 TN 的平均去除率为 69.55%,二沉池出水 TN 平均质量浓度为 7.78 mg/L。外加碳源质量浓度为 300 mg/L 时,TN 的平均去除率为 85.51%,相比无外加碳源 TN 平均去除率提高了 15.96%;二沉池出水 TN 平均质量浓度为 4.15 mg/L,相比无外加碳源

降低 3.63 mg/L。TN 去除率提高的主要原因是厌氧区碳源的增加促进了微生物的新陈代谢及生物活性,随着高浓度废水浓度的逐步增大,污水中可利用碳源的浓度增加,从而促进了反硝化池中硝酸盐氮的反硝化速率的提升,出水中 TN 浓度降低,达到了预期提高脱氮去除率的目的。啤酒生产糖化工序产生的高浓度啤酒废水中主要含有有机质,含氮量较低,其投加对系统进水 TN 影响较小。综上,高浓度糖化废水的添加可以有效地提高污水的 TN 去除率。

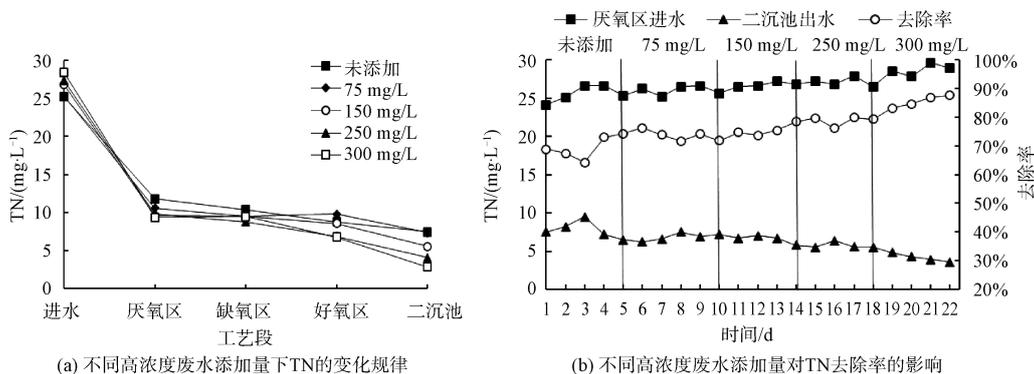


图 2 高浓度啤酒废水添加对 TN 的去除影响

Fig. 2 Effect of Addition of High Concentration Brewery Wastewater on TN Removal

2.3 高浓度啤酒废水添加对 TP 的去除

由图 3(a)可知,尽管高浓度废水的投加浓度不同,但 AAO 系统中 TP 浓度变化趋势基本相似,即

在厌氧池内 TP 浓度出现上升,进入缺氧池及好氧池后,TP 浓度显著下降。当增大高浓度废水的投加量时,释磷量随之增加,进入缺氧区后,TP 浓度开始

下降,发生了反硝化吸磷。高浓度啤酒废水中含有较多的C1~C18游离脂肪酸,主要成分为乙酸,乙酸属于VFA,本身就是一种优质碳源,可以被反硝化过程优先利用,还可以用于合成β-聚羟基丁酸(PHB),有利于厌氧充分释放磷。

由图3(b)可知,随着高浓度废水添加浓度的增加,TP去除率没有明显变化。无高浓度废水添加时,厌氧池进水TP平均质量浓度为3.28 mg/L,二沉池出水TP平均质量浓度为0.94

mg/L,TP平均去除率为71.11%;外加碳源质量浓度为300 mg/L时,厌氧池进水平均质量浓度为3.81 mg/L,二沉池出水平均质量浓度为1.08 mg/L,TP平均去除率为71.65%。因高浓度废水中自身含有部分TP,添加后AAO系统中TP浓度高于未添加时TP浓度,在添加初期,对AAO系统出水TP影响较低,随着高浓度废水添加浓度的逐步升高,出水TP浓度升高,但影响程度在可接受范围内。

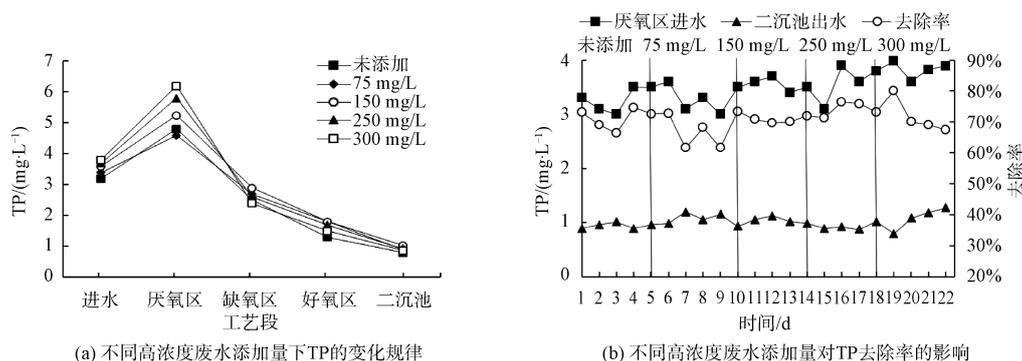


图3 高浓度啤酒废水添加对TP的去除影响

Fig. 3 Effect of Addition of High Concentration Brewery Wastewater on TP Removal

2.4 高浓度废水添加对COD_{Cr}的去除

由图4(a)可知,在AAO系统内,COD_{Cr}的去除主要在厌氧区内进行,其次在缺氧区内也有小幅度的下降,而在好氧区内COD_{Cr}的去除与厌氧区相比变化不明显。分析原因是厌氧区内污泥回流和缺氧区内硝化液回流的稀释作用,同时在缺氧区内进行的反硝化作用也消耗了少量剩余有机物^[9]。二沉

池出水COD_{Cr}浓度在添加高浓度废水后没有明显升高,说明过量添加的COD_{Cr}在好氧区内作为营养成分被活性污泥所利用。

由图4(b)可知,利用糖化工序高浓度废水作为外加碳源时,AAO系统内COD_{Cr}的去除率随着高浓度废水浓度的增加而提高,当外加碳源质量浓度≥150 mg/L时,COD_{Cr}的去除率达到90.00%以上。

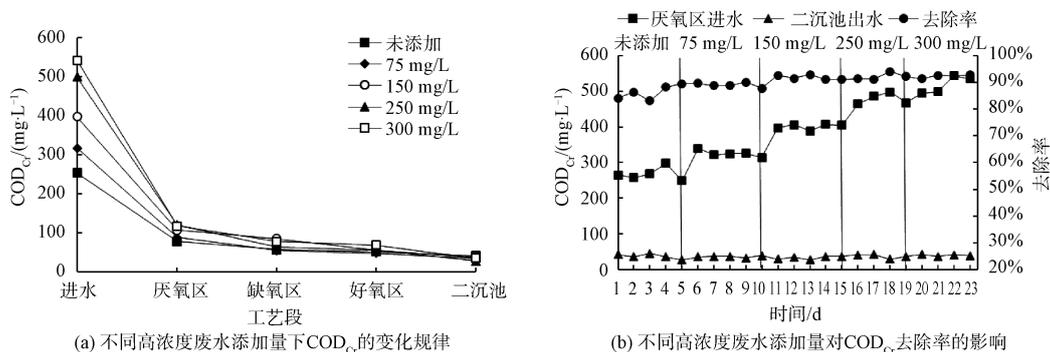


图4 高浓度啤酒废水添加对COD_{Cr}的去除影响

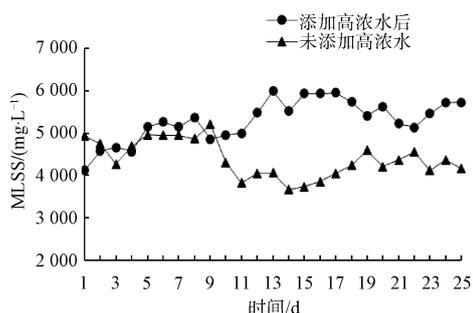
Fig. 4 Effect of Addition of High Concentration Brewery Wastewater on COD_{Cr} Removal

2.5 高浓度啤酒废水添加对MLSS的影响

高浓度啤酒废水添加量为280 L/h,折算添加质量浓度为150 mg/L,连续监测AAO系统MLSS数值变

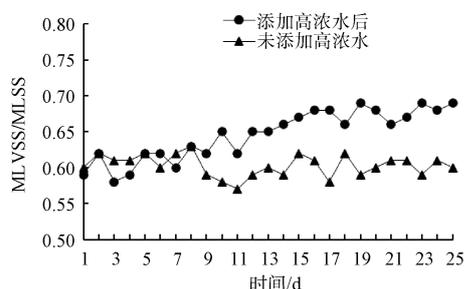
化。2#AAO系统在添加高浓度废水的第9 d起,MLSS出现明显上升,说明污泥已经适应废水的高浓度,第12 d起MLSS基本稳定[图5(a)];另外,MLVSS/MLSS提

升,说明污泥组分中有机污泥占比提高,污泥活性增



(a) AAO系统MLSS变化趋势对比

加,有助于提高有机物的去除效率[图5(b)]。



(b) AAO系统MLVSS/MLSS变化趋势对比

图5 高浓度啤酒废水添加对 MLSS 的影响

Fig. 5 Effect of Addition of High Concentration Brewery Wastewater on MLSS

2.6 高浓度啤酒废水与乙酸钠作为碳源的比较

液体乙酸钠(质量分数为25%)通过污水站内的碳源储存计量添加系统添加至1#AAO系统的厌氧段,折算添加 COD_{Cr} 质量浓度为250 mg/L;高浓度啤酒废水通过污水站内的碳源储存计量添加系统添加至2#AAO系统的厌氧段,折算添加 COD_{Cr} 质量浓度仍为250 mg/L。试验持续了7 d,分别对缺氧池TN去除量、缺氧池出水TN进行分析。

如图6所示,投加乙酸钠作为碳源的1#AAO系统反硝化能力(平均TN去除量为21.47 mg/L)比投加高浓度啤酒废水作为碳源的2#AAO系统反硝化能力(平均TN去除量为19.45 mg/L)略高,反硝化能力高约10.39%。

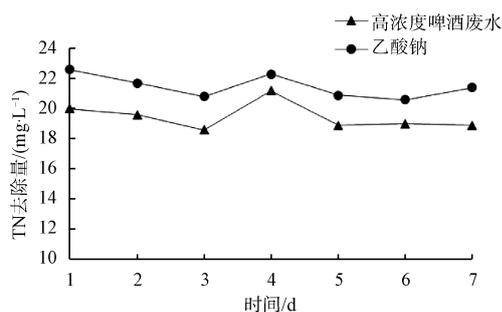


图6 高浓度啤酒废水与乙酸钠的TN去除量比较

Fig. 6 Comparison of TN Removal between High Concentration Brewery Wastewater and Sodium Acetate

如图7所示,投加高浓度啤酒废水作为碳源的2#AAO系统出水TN比投加乙酸钠作为碳源的1#AAO系统高,一周内平均高了44.69%(3.43 mg/L)。这是因为高浓度啤酒废水自身具有一定的TN浓度,造成了缺氧池TN的升高,但投加量相对

污水处理量来说,占比较低,所以最终出水TN仍达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级A的排放标准。与常规碳源乙酸钠相比,投加糖化工序高浓度啤酒废水是可行的。

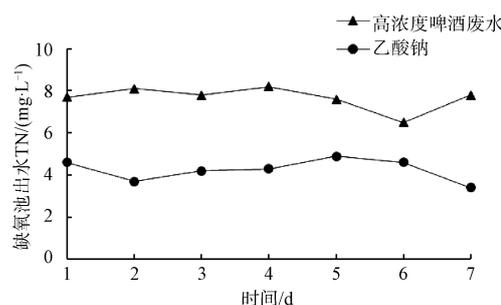


图7 高浓度啤酒废水与乙酸钠的缺氧池出水TN比较

Fig. 7 Comparison of TN in Effluent from Hypoxic Tanks between High Concentration Brewery Wastewater and Sodium Acetate

3 经济技术分析

3.1 高浓度啤酒废水作为碳源的经济效益分析

青岛啤酒二厂与李村河污水处理厂联合开展高浓度啤酒废水作为补充碳源的生产性试验研究,青岛啤酒二厂将高浓度啤酒废水单独收集,一部分作为工厂污水站脱氮除磷碳源使用,另一部分运输至李村河污水处理厂作为碳源利用。生产性试验结果表明,同样的TN去除量,1 t高浓度啤酒废水有效 COD_{Cr} 量相当于0.017 5 t液体乙酸钠有效 COD_{Cr} 。青岛啤酒二厂高浓度啤酒废水收集量为2万 t/a,污水处理量为170万 m^3 /a,以液体乙酸钠单价为1800元/t计算,可以减少的碳源采购费用为63万元/a,节约碳源费用为0.37元/ m^3 ,具有良好的经济效益。

3.2 高浓度啤酒废水收集后的啤酒厂污水运行费用分析

3.2.1 啤酒污水处理水质变化

高浓度废水单独收集后,青岛啤酒二厂对污水进出水水质情况进行跟踪检测。高浓度啤酒废水收

集后,污水站各项进水指标均有不同程度降低,其中进水 COD_{Cr} 质量浓度由 1 809 mg/L 下降至 1 395 mg/L,降幅为 22.9%(表 6),排水指标也有一定幅度的降低(表 7)。

表 6 高浓度废水收集前后污水进水指标变化

Tab. 6 Changes of Influent Indices before and after the Collection of High Concentration Wastewater

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	TN	TP
高浓度废水回收前/(mg·L ⁻¹)	1 809	16.0	22.20	7.30
高浓度废水回收后/(mg·L ⁻¹)	1 395	12.6	20.30	5.00
环比	-22.9%	-21.3%	-8.6%	-31.5%

表 7 高浓度废水收集前后排水指标变化

Tab. 7 Changes of Drainage Indices before and after the Collection of High Concentration Wastewater

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	TN	TP
高浓度废水回收前/(mg·L ⁻¹)	19.83	0.32	3.10	0.29
高浓度废水回收后/(mg·L ⁻¹)	17.85	0.21	2.60	0.30
环比	-10.0%	-34.4%	-16.1%	3.4%

3.2.2 啤酒污水处理电耗变化

青岛啤酒二厂污水处理电耗为 1.09 kW·h/m³,其中 AAO 系统电耗占污水处理电耗的 35.3%(表 8)。高浓度啤酒废水收集第 9 d 后,AAO 系统电耗出现较明显下降趋势(图 8),电耗由 0.38 kW·h/m³ 下降至 0.30 kW·h/m³,降幅达 21.1%,以污水处理量为 170 万 m³/a 计算,预计可节省电费 0.06 元/m³,累计节省电费 10.2 万元/a。

表 8 啤酒废水处理系统各处理工序用电比例

Tab. 8 Proportion of Electricity Consumption in Each Treatment Process of the Brewery Wastewater Treatment System

污水处理工序	用电量/(kW·h·m ⁻³)	用电比例
污水预处理	0.14	12.8%
厌氧 IC 反应器	0.18	16.8%
AAO 系统	0.38	35.3%
深度处理	0.12	10.8%
污泥处理	0.03	2.4%
污水除臭	0.22	20.3%
沼气回收	0.02	1.6%

3.2.3 啤酒污水处理剩余污泥产量变化

跟踪 AAO 系统剩余污泥产量,污泥停留时间控制在 7 d 左右,剩余污泥产生量自第 9 d 开始下降,最终维持在 0.200 kg/(m³·d),环比降低 20.8%(图 9)。以污水处理量为 170 万 m³/a 计算,预计可减

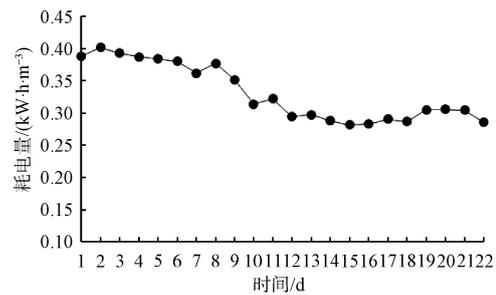


图 8 AAO 系统电耗变化趋势

Fig. 8 Change Trend of Electricity Consumption in AAO System

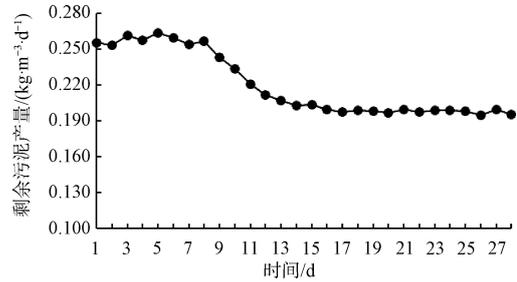


图 9 剩余污泥产量变化趋势

Fig. 9 Change Trend of Excess Sludge Production

少污泥处置量 450 t/a(以污泥含水率为 80%计算),节约污泥处置费用为 0.07 元/m³,全年累计节约 12.6 万元/a。

4 结论

通过分析啤酒废水组分特征,并在实际的污水脱氮除磷 AAO 工艺中将高浓度啤酒废水作为碳源投加,验证了高浓度啤酒废水是一种优质的反硝化碳源。当外加碳源质量浓度为 300 mg/L 时, TN 平均去除率为 85.51%,与无外加碳源相比提高了 15.96%,且 COD_{Cr} 的去除效果未受显著影响。在城市污水的处理过程中,也可以考虑将高浓度啤酒废水作为外加碳源,解决碳源不足导致的脱氮效率低的问题,达到“以废治废”的效果。

参考文献

- [1] 筱鹞. 2021 年全国酿酒产量同比增长 3.95% [J]. 酿酒科技, 2022(2): 106-106.
XIAO L. China's wine production increased by 3.95% year-on-year in 2021 [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2022 (2): 106-106.
- [2] 徐东, 钟月华, 伍勇, 等. 我国啤酒废水处理工艺进展 [J]. 四川环境, 2003, 22(3): 27-29, 32.
XU D, ZHONG Y H, WU Y, et al. The development trend of treatment technology for brewery wastewater [J]. Sichuan Environment, 2003, 22(3): 27-29, 32.
- [3] 李宛谊. 啤酒废水资源化研究进展 [J]. 中国资源综合利用, 2021, 39(10): 141-144, 147.
LI W Y. Research progress of brewery wastewater resource utilization [J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2021, 39(10): 141-144, 147.
- [4] 陈思远, 李巧燕, 赵璐, 等. A²/O 工艺中啤酒废水作为外加碳源提高脱氮除磷的研究 [J]. 中国甜菜糖业, 2016(2): 46-48.

- CHEN S Y, LI Q Y, ZHAO L, et al. Study on brewery wastewater as an additional carbon source in A²/O process to improve nitrogen removal and phosphorus removal [J]. China Beet and Sugar, 2016(2): 46-48.
- [5] 段怡彤, 刘方婧, 陈昊, 等. 啤酒废水作为 A²/O 工艺外加碳源的可行性研究 [J]. 安徽农业科学, 2014, 42(10): 3009-3013.
DUAN Y T, LIU F J, CHEN H, et al. Research on the feasibility of beer wastewater as an external carbon source to enhance nitrogen and phosphorus removal in the A²/O process [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(10): 3009-3013.
- [6] 刘方婧. 啤酒废水为外加碳源对 A²/O 工艺脱氮除磷的影响 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2014.
LIU F J. Study on nitrogen and phosphorus removal in A²/O process using brewage wastewater as external carbon source [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2014.
- [7] SOARES A, KAMPAS P, MAILLARD S, et al. Comparison between disintegrated and fermented sewage sludge for production of a carbon source suitable for biological nutrient removal [J]. Journal of Hazardous Materials, 2010, 175(1/2//3): 733-739. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.10.070.
- [8] KAMPAS P, PARSONS S A, PEARCE P, et al. An internal carbon source for improving biological nutrient removal [J]. Bioresource Technology, 2009, 100(1): 149-154.
- [9] 杨义飞, 陈双双, 赵飞飞. SBR 中活性污泥培养驯化的研究 [J]. 环境科学与管理, 2011, 36(7): 102-104.
YANG Y F, CHEN S S, ZHAO F F. Research on cultivation of activated sludge by sequencing batch reactor (SBR) [J]. Environmental Science and Management, 2011, 36(7): 102-104.

学术资讯

新版《生活饮用水卫生标准》于 2023 年 4 月 1 日正式实施

新版《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)于 2022 年 3 月 15 日发布,并在 2023 年 4 月 1 日正式开始实施。新标准相比 2006 年版本产生了以下几个方面的变化:(1)指标数量变化,指标数量由 106 项调整为 97 项,增加 4 项新指标,废除旧指标 13 项;(2)指标分类名称调整;(3)部分指标的限值调整;(4)删除针对小型集中式供水和分散式供水部分水质指标限值放宽的暂时规定。

更多《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)的详细内容,欢迎扫码下载标准原文查看。



扫描二维码阅读全文