

酿酒废水作为污水厂补充碳源的应用研究

王悦兴 董辉 陈文娟 王传营 杨曦 刘玉国 徐进
光大水务（济南）有限公司
DOI:10.12238/eep.v7i6.2130

[摘要] 为推动资源的绿色循环利用和污水厂的节能降耗,研究将酿酒废水作为污水处理厂补充碳源的可行性。本课题通过实地考察、小试实验、生产性实验、经济性分析等方面对酿酒废水替代碳源的可行性进行研究,为污水处理厂的替代碳源探索提供参考。

[关键词] 酿酒废水; 碳源; 小试实验; 生产性实验; 经济性

中图分类号: X703 文献标识码: A

Research on the application of brewing wastewater as a supplementary carbon source in sewage treatment plants

Yuexing Wang Hui Dong Wenjuan Chen Chuanying Wang Xi Yang Yuguang Liu Jin Xu
Everbright Water (Jinan) Co., Ltd

[Abstract] To promote green recycling of resources and energy conservation and consumption reduction in sewage treatment plants, we study on using brewery wastewater as a supplementary carbon source for sewage treatment plants. The project was conducted through on-site investigation, lab-scale tests, productive experiments, economic analysis to carry out the research. Provide reference for exploring alternative carbon sources for sewage treatment plants.

[Key word] Brewing wastewater; Carbon source; Lab-scale tests; Productive experiments; Economy

随着国家对环境指标的日益严苛,对污水处理厂出水氮、磷的标准不断提升。许多污水处理厂面临准IV类水的提标改造,其中出水TN指标标准由15mg/L提高至10(12)mg/L。如果进水质保持不变,更高的出水TN要求在污水生物脱氮过程中投加更多的碳源,污水处理运行成本将进一步增加。为有效降低污水处理的碳源成本,本课题积极探索其他可替代碳源以开拓节能降耗新途径。酿酒废水中含有大量的有机酸、醇类、脂类、醛类、糖类,其富含的有机物增加了酒厂尾水处理的成本,但对污水处理厂而言却是脱氮过程的良好碳源。国内也存在较多替代碳源研究及应用案例,邱勇等研究了酱香型白酒生产废水作为污水处理厂反硝化碳源的可行性^[1],还有研究表明,在投加酿酒废水期间污水处理厂出水总氮可以稳定在15mg/L以下且出水总氮控制在10mg/L以下时间达到了50%^[2]。随着当地政府主管部门积极推动污水处理厂与酿酒企业开展废水利用合作,课题组积极开展了白酒酿酒废水(即黄水)作为补充碳源的调研和研究,在节能降耗和废水资源化利用方面提供有益探索。

1 酿酒废水情况调研

1.1 酿酒废水小试实验研究

为检验酿酒废水碳源利用的可行性,对酿酒废水进行采样并开展了实验室小试实验。实验样品取自济南趵突泉酿酒有限

责任公司的黄水,实验内容包括常规指标监测、脱氮效果分析、对其他指标的影响。

1.1.1 实验方法。(1)采集某白酒酿造公司的黄水进行白酒废水的小试实验,实验对黄水、大金厂现用复合碳源样品进行对比监测,观察其外观,测定COD、BOD、SS、TN、NH₃-N、TP、pH等指标。同时结合第三方全指标监测,初步了解白酒废水作为替代碳源的可行性。(2)脱氮效果及其他指标影响实验。

(a) 取好氧池末端活性污泥混合液检测溶解氧浓度,若溶解氧浓度高于0.5mg/L,则先缓慢搅拌直至溶解氧浓度降低至0.5mg/L以下;然后分别取1L该活性污泥混合液置于2个烧杯中,并编号为1#、2#。(b) 开启各容器搅拌机,保持相同搅拌强度。1#容器加入黄水,2#容器加入大金厂现用复合碳源,并使新增加的COD当量基本一致。为持续观察不同碳源对各主要指标的影响,在10min、30min、60min、120min分别取1#、2#混合液,过滤后监测COD、总氮、总磷、硝态氮的浓度。

表1 黄水常规指标监测结果

项目	COD(mg/L)	BOD(mg/L)	SS(mg/L)	TN(mg/L)	NH ₃ -N(mg/L)	TP(mg/L)	pH
黄水	247000	132000	14	3264	462	1440	3.5

1.1.2实验结果。(1)黄水常规水质指标监测结果如表1所示。(2)脱氮效果小试实验中,分别取0.18mL黄水、0.13mL复合碳源加入1#、2#烧杯中进行搅拌,各样品的反硝化速率详见图1。

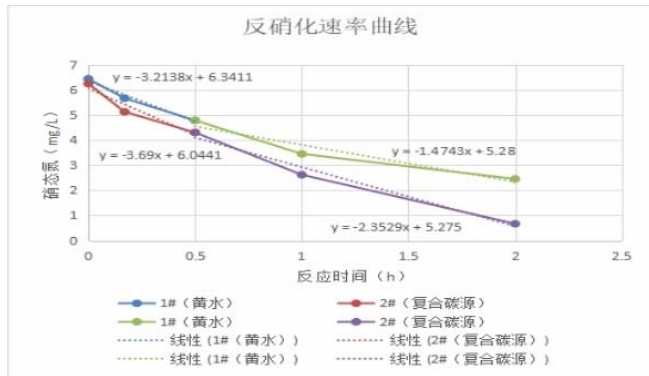


图1 黄水与复合碳源反硝化速率

通过对反硝化速率计算,第一阶段反硝化过程中,黄水(反硝化速率 $3.21\text{mgNO}_3^-/\text{gVSS}\cdot\text{h}$)比复合碳源(反硝化速率 $3.69\text{mgNO}_3^-/\text{gVSS}\cdot\text{h}$)低12.7%;第二阶段反硝化过程中,黄水(反硝化速率 $1.47\text{mgNO}_3^-/\text{gVSS}\cdot\text{h}$)比复合碳源(反硝化速率 $2.35\text{mgNO}_3^-/\text{gVSS}\cdot\text{h}$)低37.3%。

由表1可见,与复合碳源相比,黄水加入活性污泥混合液后不会造成系统COD等其他指标的明显升高。

结合表1核算黄水的实际碳源含量。针对黄水自行引入的TN含量,理论BOD: TN为4:1,原BOD为 132000mg/L 的黄水(TN为 3264mg/L)折合其实际BOD为 118944mg/L ;针对黄水同时自行引入的TP含量,以理论BOD: TP=17:1核算,原BOD为 132000mg/L 的黄水(其TN为 3264mg/L 、TP为 1440mg/L)折合其实际BOD为 94464mg/L 。

为了解黄水对活性污泥系统中pH的影响,监测各反应器中活性污泥混合液的pH值,黄水pH为7.2,复合碳源pH为7.6,与复合碳源相比,黄水加入活性污泥混合液后pH处于正常水平,不会造成系统pH的明显变化。

同时,实验过程中各样品的活性污泥混合液上清液或过滤液均为无色透明液体,黄水未对活性污泥系统色度产生影响。

1.2酿酒废水小试实验结论

通过小试实验分析,白酒废水(黄水)在小试实验中具有一定的脱氮效果,且对污水厂活性污泥系统其他指标无明显影响,一定程度上可以取代复合碳源,具有废水资源再利用的可行性,拟选取白酒废水(黄水)作为替代性碳源开展生产性实验。

2 酿酒废水生产性实验研究

2.1白酒废水(黄水)的监测

由于白酒发酵过程中每批的原辅材料在成分上略有不同,产生的黄水可能存在差异,为确保实验正常开展,对每批黄水的COD、TN、TP指标进行跟踪监测,并记录净重,在2023年5月27-2024年3月21日黄水生产性实验期间,供应的黄水COD基本大

于 200000mg/L ,有5批次COD值小于 200000mg/L ,有26批次COD大于 300000mg/L ,COD均值为 284000mg/L ,TN均值为 4534mg/L ,TP均值为 2002mg/L 。

2.2生产性实验过程

目前白酒厂家黄水年产量约为900吨,由于其黄水产量不能满足大金厂的全部碳源需求,且厂家在7、8月份等气温较高时影响产品品质而暂停生产,在进行了前期试投加运行后。正式生产投加阶段为2023年9月15日以后。主要研究生产运行中探索黄水作为替代碳源的可行性,黄水投加对夏秋季、冬季运行及冬春交接季稳定达标的影响,通过实验确定黄水投加量、相关过程参数控制指标等运行参数,明确替代碳源投加比例,并进行经济性分析。

2.2.1黄水投加情况。(1)投加点位。黄水投加点位与大金厂现有投加点位相同,在生物池缺氧段首端,改造的药剂投加系统可根据生产实际进行黄水和复合碳源的互相切换。(2)黄水投加量核算。生产性实验期间大金厂对不同阶段进水主要指标进行统计,pH均值为7.5, BOD_5 为 122mg/L ,COD为 267mg/L ,TN为 53.8mg/L ,氨氮为 37.2mg/L ,B/TN为2.27,不同阶段的进水水质差别较小,为确保出水稳定达标排放,根据BOD/TN利用理论公式核算理论黄水投加量,然后开展投加试验,再根据生物池缺氧池硝氮数据、出水总氮数据及时调整,确保出水TN稳定达标。

2.2.2生产性实验。正式投加黄水期间(2023年9月-2024年3月),该段时间跨度从夏秋季到冬季再到冬春交接季,涵盖了生产运行较为困难的周期,基本包含了不同季节的环境变化。出水各项指标可以实现稳定达标,进一步验证了酿酒废水应用于污水处理厂日常生产运营的优势。

投加酿酒废水和复合碳源过程中,出水COD均可保证稳定达标,其中,投加酿酒废水时出水COD均值为 17mg/L ,最大值为 24mg/L ,最小值为 7mg/L ;投加复合碳源时出水COD均值为 20mg/L ,最大值为 30mg/L ,最小值为 12mg/L ;投加酿酒废水时COD去除率均值为93.32%,略低于投加复合碳源时的去除率均值93.48%;投加酿酒废水时出水均值及最大最小值均低于投加复合碳源时的出水指标,但去除率略低于投加复合碳源时。

由图2可以看出,投加酿酒废水和复合碳源过程中,出水TN均可保证稳定达标,其中,投加酿酒废水时出水TN均值为 10.3mg/L ,最大值为 13.1mg/L ,最小值为 7.30mg/L ;投加复合碳源时出水TN均值为 10.8mg/L ,最大值为 13.2mg/L ,最小值为 8.50mg/L ;投加酿酒废水时TN去除率均值为79.46%,低于投加复合碳源时的去除率均值82.68%;投加酿酒废水时出水均值及最大最小值均低于投加复合碳源时的出水指标,但去除率略低于投加复合碳源时,这与进水有一定差别有关,投加酿酒废水时进水TN均值为 53.8mg/L ,投加复合碳源时进水TN均值为 62.6mg/L ,在出水相差不大的情况下,进水相差 8.8mg/L 造成了去除率的明显差别,由此可以看出复合碳源在脱氮效率方面略优于酿酒废水,但差别不大,酿酒废水可以实现替代复合碳源的目的。

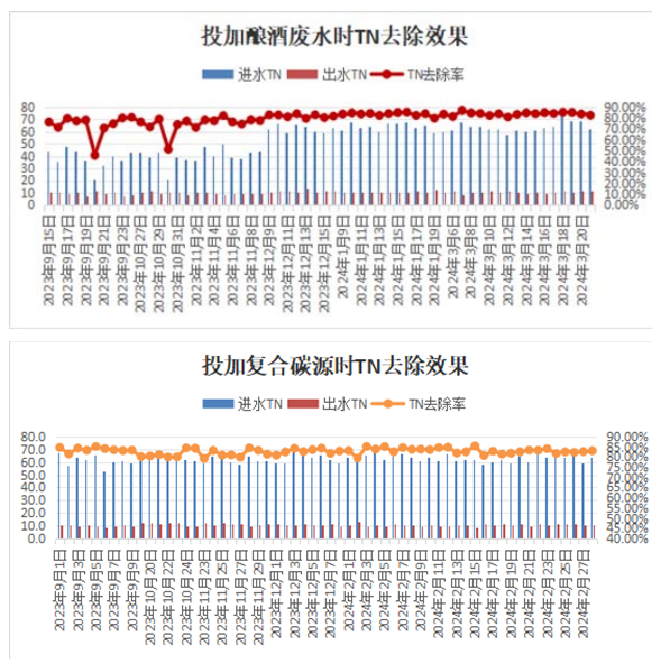


图2 投加酿酒废水及投加碳源时TN去除效果对比

正式投加黄水期间生物池末端溶解氧稳定在1-3mg/L,符合运行需要,确保污泥回流液不破坏缺氧区环境;生物池污泥浓度也较为稳定,每日污泥产量稳定的前提下,生物池污泥浓度没有明显的增值变化;内、外回流比与使用复合碳源时一致,未进行调整。

2.3经济性分析

2.3.1黄水投加量。生产性试验期间,大金厂投加黄水667吨,污水处理量395.6172万吨,折合吨水药耗为168.60mg/L。

2.3.2黄水节约成本情况。黄水COD为247000mg/L, BOD为132000mg/L, TN为4400mg/L;复合碳源的COD为300000mg/L, BOD

为185000mg/L。按照BOD: TN=4:1的理论量核算(污水厂碳源优先用于脱氮),黄水除自身消耗外可提供BOD5的浓度为114400mg/L,为复合碳源BOD5的62%,除去其他不稳定性因素等,黄水对复合碳源的替代系数约为0.6。

生产试验期间共计使用黄水667吨,黄水的采购费用共计170085元;黄水折合复合碳源用量为400.2吨,折合复合碳源费用为542671.2元;生产性试验期间碳源节省率高于60%。

3 结语

(1)经考察调研和小试实验分析,白酒废水(黄水)具有一定的脱氮效果且对生物系统无其他不利影响,具备替代碳源的可行性。(2)黄水作为白酒生产的副产物是一种优质的外加碳源,生产性试验中可替代复合碳源,并确保污水处理厂出水稳定达标排放。(3)当黄水作为替代碳源使用时,生物池运行控制参数与投加复合碳源运行控制参数基本保持一致,如生物池好氧区D0、内外回流比、污泥浓度等无需明显调整。(4)黄水替代复合碳源具有良好的经济性,本次生产试验期间碳源节省率高于60%。

[参考文献]

[1]邱勇,刘雪洁,田宇心,等.酒类废水特征及其作为反硝化碳源的可行性[J].给水排水,2021,47(12):86-91.

[2]徐钦祥.白酒酿造黄水用于市政污水处理厂作为碳源的初探[J].价值工程,2021,40(22):3.

作者简介:

王悦兴(1969--),男,汉族,山东莱阳人,中国光大水务有限公司 副总裁、执行董事(兼鲁西区域和济南水务总经理)/高级工程师,本科,单位:光大水务(济南)有限公司,研究方向:环境工程。