第 7 卷◆第 10 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2737-4580(P) / 2737-4599(O)

预处理/高负荷厌氧/A/O/MBR 工艺处理炔醛法生产 BDO/PTMEG 废水的工程实例

卫强
麦焘环境科技（上海）有限公司
DOI:10.32629/jpm.v7i10.9062
[摘　要] 结合炔醛法生产 BDO/PTMEG 废水水质的特点，采用预处理+高负荷厌氧+A/O+MBR 的流程处理效果好，处理后指标优于回用水系统的进料指标。本篇介绍了该组合工艺的流程、主要设备、优势。数据表明，该流程处理效果显著，运行成本低。
[关键词] 炔醛法生产 BDO/PTMEG 废水；预处理；气浮；厌氧；MBR 膜生物反应器

Pretreatment/High load anaerobic reactor/A/O/MBR wastewater process treatment Production of BDO/PTMEG by the alkyne-aldehyde method Case Studies of Wastewater Engineering

Wei Qiang
MT Environmental Technology (Shanghai) Co., Ltd.
[Abstract] According to the water quality characteristics of wastewater from BDO/PTMEG production by the alkyne-aldehyde method.The process of pretreatment + High load anaerobic + A/O + MBR achieves excellent treatment performance.The treated water quality is superior to the feedwater requirements of the reclaimed water system.This paper introduces the process flow, main equipment and advantages of the combined process.Data show that the treatment effect of this process is remarkable and low operating cost.
[Key words] Wastewater from BDO/PTMEG production via the alkyne-aldehyde method; Pretreatment; Air flotation; High load anaerobic digestion; MBR (Membrane Bioreactor)。

1.工程概况

2023 年 4 月，内蒙古某化工厂 2 套×每套 60 万吨/年 BDO 及年产 2 套×每套 100 万吨 PBAT/PBS/PBT/PTMEG 绿色环保循环产业一期项目正式启动。2024 年 6 月，投加污泥开始废水调试运行。主装置生产工艺路线采用炔醛法[1]生产 1,4 丁二醇（1.4-Butanediol，BDO），然后 BDO 环化加氢生产四氢呋喃（Tetrahydrofuran,THF），THF 聚合反应后，生产聚四亚甲基醚二醇（Polytetramethylene Ether Glycol，PTMEG）。主装置生产废水分为两种，一种为高浓度废水，废水来源主要为：电石炉气气体提纯过程中初凝废水和终凝废水、甲醇精馏塔釜底液废水、甲醛精馏塔釜底液废水、1,4-丁二炔二醇（2-Butyne-1,4-diol，BYD）合成塔废水、BYD 精馏塔废水、BDO 精馏塔釜底液、粗 BDO 废水、THF 精馏釜底液，粗 THF 废水，聚合塔釜底液，微量真空残液废水，催化剂脱活废水、催化剂活化废水，主要污染物为：化学需氧量（Chemical Oxygen Demand，COD）、悬浮固体（Suspended Solid，SS）、甲醛等，处理废水量：100m^3/h，24 小时连续运行，另一种为低浓度废水，主要为生产过程冲洗水、机封冲洗水、塔器冲洗水、换热

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

器冲洗水、催化剂置换后的微量残液冲洗等,处理废水量 100m³/h，24 小时连续运行。

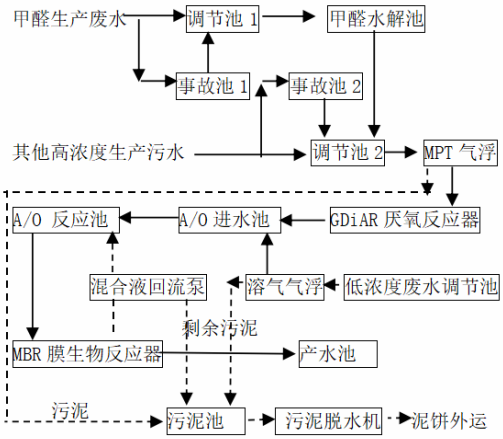
2.工艺介绍

设计废水处理量：4800m³/d，24 小时连续运行。设计水质指标，见表 1。

指标	pH	CODcr mg/l	甲醛 mg/l	石油类 mg/l	SS mg/l
高浓度废水进水	6~9	6700	50	50	150
低浓度废水进水	6~9	1000			200
出水	6~9	≤50	≤1	≤5	≤10

整个生产工艺链的生产废水中大分子 COD 主要组成：多元醇、甲醛、炔醛、炔醇、焦油、THF、PTMEG 等[2]，

整个生产工艺链废水含有多种难降解有毒的有机污染物，COD 高，经常达到 1 万 mg/L 以上，真空残液泄漏排水时，COD 高达：100000mg/l。正常排水时，甲醛含量≤2000mg/l，甲醛装置更换催化剂的过程中，甲醛含量高达：4000mg/l。THF 含量≤400mg/l；重金属含量≤60 mg/L。废水处理工艺流程如图 1 所示



补充图例说明：

实线：工艺流程路线，虚线：排出的污泥去向。

3.主要构筑物和设备介绍

（1）事故池 1，存放甲醛装置事故时的废水，有效容积约 500m³，内部设置搅拌器，混凝土盖板密封，设置臭气收集孔 2 个，孔径：DN400，配套臭气收集管，DN:400,材质：玻璃钢；

（2）调节池 1，存放甲醛装置的正常排水，有效容积约 150m³，内部设置搅拌器，混凝土盖板密封，设置臭气收集孔 1 个，孔径：DN300，配套臭气收集管，DN:300,材质：玻璃钢；

（3）甲醛水解池，有效容积约 300m³，处理废水中的甲醛，内部设置布水器，混凝土盖板密封，设置臭气收集孔 2 个，孔径：DN300，配套臭气收集管，DN:300,材质：玻璃钢；

（4）事故池 2，存放其他高浓度生产装置事故时的废水，有效容积约 2400m³，内部设置搅拌器，混凝土盖板密封，设置臭气收集孔 4 个，孔径：DN400，配套臭气收集管，DN:400,材质：玻璃钢；

（5）调节池 2，存放其他高浓度生产装置的正常排水，有效容积约 3500m³，内部设置搅拌器，混凝土盖板密封，设置臭气收集孔 6 个，孔径：DN400，配套臭气收集管，DN:400,材质：玻璃钢；

（6）气浮，1 套，处理废水量：100m³/h，24 小时连续运行。玻璃钢盖板密封，设置臭气收集孔 1 个，孔径：DN200，配套臭气收集管，DN:200,材质：玻璃钢；

（7）高负荷厌氧反应器，2 套，有效容积约：2575m³，单套处理废水量：50m³/h，24 小时连续运行；

（8）低浓度废水调节池，有效容积约 2450m³，内部设置搅拌器，混凝土盖板密封，设置臭气收集孔 4 个，孔径：DN400，配套臭气收集管，DN:400,材质：玻璃钢；

（9）溶气气浮，1 套，处理废水量：100 m³/h，24 小时连续运行。

（10）缺氧好氧（Anoxic-Oxic，A/O）进水池，有效容积约 700m³，内部设置搅拌器，混凝土盖板密封，设置臭气收集孔 3 个，孔径：DN300，配套臭气收集管，DN:300,材质：玻璃钢；

（11）A/O 反应池，有效容积约 4650m³，缺氧区有效容积：1550m³，内部设置搅拌器，好氧区有效容积：3100m³，内部设置曝气系统并配套磁悬浮风机，玻璃钢拱形盖板密封，设置臭气收集孔 10 个，孔径：DN400，配套臭气收集管，DN:400,材质：玻璃钢。此外 A/O 区域设置以下仪表：在线氧化还原电位（Oxidation-Reduction Potential，ORP）仪、在线酸碱度（Potential of hydrogen，PH）计、在线溶解氧（Dissolved Oxygen，DO）仪；

（12）膜-生物反应器，有效容积约 390m³，处理废水量 130 m³/h，24 小时连续运行。

（13）污泥池，有效容积约 325m³，内部设置搅拌器，设置臭气收集孔 1 个，孔径：DN400，配套臭气收集管，DN:400,材质：玻璃钢。

（14）整个污水系统的臭气经过臭气管道收集后，采用酸洗+碱洗+活性炭的工艺流程进行处理，处理后，进入焚烧炉进行最终焚烧，若焚烧炉停车时， 进行高空排放。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

（15）叠螺机处理系统，处理污泥池的污泥，经过叠螺机脱水后污泥含水率：75%-80%，进行资源化利用或者经过焚烧处置。

4.工艺优点

（1）采用微生物降解甲醛，相比传统工艺采用物化加药的方式降解甲醛，更加的节能降耗，且没有固废产出。经过微生物处理后，使甲醛≤500mg/l。

（2）采用自有气浮降解 THF，相比传统工艺采用氧化的方式降解 THF，在降解过程中无固废产出，更加的节能降耗。最终使 THF 浓度≤200mg/l。此外自有气浮在降解 THF 的同时，将废水中自带的焦油和 SS 也能进一步去除。

（3）厌氧工艺采用耐毒性高、COD 降解能力强的高负荷厌氧反应器，该反应器结合了内循环厌氧反应器（Internal Circulation Reactor，IC）和膨胀颗粒污泥床厌氧反应器（Expanded Granular Sludge Bed，EGSB）的优点，并根据甲醛和 THF 的毒性等因素，专门设计了厌氧反应器的结构，因此高负荷厌氧反应器可以耐受较高浓度的甲醛毒性和较高浓度的 THF 毒性，经过厌氧，将难生化降解的有毒的有机污染物转化为可溶性的小分子有机物[5]，并实现甲烷化，产出沼气。

（4）A/O+膜-生物反应器（Membrane Bio-Reactor,MBR）工艺可以将微生物最大程度的保留在反应器中[6]，污泥浓度高达 15000mg/L，同时通过回流系统回流至 A/O 系统中，为生物池内多种反应机制创造了条件[7]。由于高的污泥浓度，在相同污泥负荷的条件下，减少了 A/O 的占地面积，节约了土地资源。

5.处理效果和直接运行费用

投加污泥开始废水调试运行至今，厌氧反应器的 COD_{cr} 去除率≥90%，出水 SS≤30mg/l，膜产水池的 COD_{cr}≤25mg/l。

生产过程中废水的 COD_{cr}、甲醛、SS 等指标波动大，浓度频繁超标。经过指标分析，纠偏技术参数，确保了系统的持续稳定达标排放。2024 年 12 月高浓度废水进水和预处理+高负荷厌氧反应器出水水质情况，见表 2。

指标	进水	预处理+厌氧出水	去除率	设计标准
pH	8.49	7.28	-	6~9
CODcr(mg/l)	12290	450	96%	≤1340
甲醛(mg/L)	2300	3.42	99.8%	≤50
SS(mg/L)	110	26	76.5%	≤150
石油类(mg/L)	80	1.8	97%	≤50

A/O+MBR 的进水和产水池出水质情况，见表 3。

指标	A/O 进水池	最终出水	去除率	设计标准
pH	8.8	8.02	-	6~9
CODcr(mg/l)	756	17.6	97.6%	≤50
甲醛(mg/L)	1.63	0.37	77%	≤1
SS(mg/L)	28	1	96%	≤10
石油类(mg/L)	13	0.3	97.7%	≤5

由上表可见，本工艺进水指标虽然超出了设计值，但是出水水质仍低于后续回用水系统的进料指标要求。

直接运行费用由：药剂+电耗+人工组成，为 2.96 元/t。见表 4

项目	元/吨
药剂	0.78
电耗	1.1
人工	0.96

[参考文献]

[1]Developed and emerging 1,4-butanediol commercial production strategies: forecasting the current status and future possibility.

Critical reviews in biotechnology.2023 年 4 期

[2]陆新跃,卫强,李松杰,等.聚四氢呋喃生产废水处理工程实例[J].江西建材,2017,224(23):267.

[3]贺延龄． 废水的厌氧生物处理［M］． 北京：中国轻工业出版社，1998：104－105.

[4]王忠敏，孙国亮，周晟葆,等.某化工企业废水处理工程设计[J].工业用水与废水,2020,51(2):60-64.

[5]王绍文,罗志腾,钱雷.高浓度有机废水处理技术和工程应用[M].第 1 版.北京:冶金工业出版社,2003:310-317.

[6]李亮,阮晓磊,陈军,等.电絮凝-MBR 组合工艺深度处理石化工业废水的研究[J].工业水处理,2010,30(4):59-62.

[7]于弢，肖国仕，陈爱宁,等.某污水处理厂提标改造工程设计[J].工业用水与废水,2020,51(2):73-76.

作者简介：卫强(1983—)，男，上海市宝山区，汉族，环境工程专业本科学历，工程师，主要从事污水处理技术与工程实施方面的工作。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.