

UASB + 延时曝气 + 混凝沉淀处理 DMBA 生产废水

刘文伟^{1,2}, 江娟^{1,2}, 黄腾蛟^{1,2}, 郭绍英³, 王菲凤^{1,2}, 郑育毅^{1,2,4},
吴春山^{1,2}

(1. 福建师范大学 环境科学与工程学院, 福建 福州 350007; 2. 福建师范大学 环境科学研究所, 福建 福州 350007; 3. 武夷学院 生态与资源工程学院, 福建 武夷山 356300; 4. 福建师范大学 环境技术开发与工程设计所, 福建 福州 350007)

摘要: DMBA 生产废水成分复杂, 有机物浓度高, 属于难处理的化工废水。在处理规模为 80 m³/d 的工程中, 设计采用预处理/UASB/延时曝气/混凝沉淀组合工艺, 经调试及试运行验收, 出水水质满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 的三级标准, 达到工业区污水管网接管要求。

关键词: DMBA 废水; 预处理; UASB; 延时曝气; 混凝沉淀

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)12-0108-04

Treatment of Dimethylolbutyric Acid Wastewater by Pretreatment/UASB/ Extended Aeration/Coagulating Sedimentation Process

LIU Wen-wei^{1,2}, JIANG Juan^{1,2}, HUANG Teng-jiao^{1,2}, GUO Shao-ying³,
WANG Fei-feng^{1,2}, ZHENG Yu-yi^{1,2,4}, WU Chun-shan^{1,2}

(1. College of Environmental Science and Engineering, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China; 2. Institute of Environment Science, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China; 3. College of Ecology and Resource Engineering, Wuyi University, Wuyishan 356300, China; 4. Institute of Environmental Technology Development and Design, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: The dimethylolbutyric acid (DMBA) production wastewater characterized by complicated pollutants and high content of organics, is difficult to be treated. The combined process of pretreatment/UASB/extended aeration-coagulating sedimentation was adopted to treat the DMBA wastewater with capacity of 80 m³/d. After the project commissioning and acceptance, the effluent quality meets the third grade standards specified in *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978 - 1996). So the effluent could be discharged into the industrial sewage pipe network.

Key words: dimethylolbutyric acid (DMBA) wastewater; pretreatment; UASB; extended aeration; coagulating sedimentation

2,2-二羟甲基丁酸(DMBA)是生产水性聚氨酯胶黏剂的亲水扩链剂和内乳化剂,能显著提升产

品的胶膜力学性能,耐溶剂性更好。国内目前已建设投产的DMBA生产项目很多,因其生产过程引入

多种复杂有机物,导致其生产废水有机物浓度高,成分复杂,含甲醛、有机酸等,对环境及生态影响较大,必须妥善处理,但至今尚未见到成功处理 DMBA 生产废水的工艺案例报道。

该类废水通常采用混凝沉淀法、厌氧-好氧生物法、化学强氧化法(Fenton 工艺、臭氧氧化法)、焚烧法等处理^[1-6]。其中,混凝沉淀对有机物的去除效果难以达到要求;Fenton 试剂、臭氧等化学强氧化法操作复杂、成本高;生物法则对废水水质要求较苛刻,如甲醛含量高,对生物具有抑制作用;焚烧处理法要求废水有机物浓度足够高,以保证其热值。

由于传统或单一处理工艺都存在缺陷,故 DMBA 废水只能采用先物化、再生化、最后深度处理,以适应其水质复杂、波动大、酸性强、可生化性差等特点。因此,设计首先采用 pH 调节、中和絮凝、甲醛去除等前处理,再进行生物处理,最后进行深度处理等三个环节,有效去除废水中有机物,保障稳定高效的处理效果,使出水水质满足排放要求。

1 工程概况

某化工有限公司采用两步法合成 DMBA,即:首

先进行甲醛和丁醛的羟醛缩合,生成 2,2-二羟甲基丁醛(DMB);再将 DMB 氧化反应生成 DMBA。为满足环保“三同时”要求,需在厂内配套建设 DMBA 生产废水处理站,以确保外排进入工业园区污水处理厂的废水水质符合《污水排放综合标准》(GB 8978—1996)的三级标准。该企业生产废水主要来源于羟醛缩合反应与氧化反应两个工段的减压蒸馏生成的蒸发冷凝液,缩合反应结束加入强酸的中和废水,以及少量的清洗废水。各个工段产生的废水差异显著,水质波动大,主要污染物为甲醛、有机酸、抑制物质等。

2 废水水量与水质

根据调研,本项目高浓度废水约 1~3 m³/d,低浓度废水为 75 m³/d,总废水量约 80 m³/d。因此,废水处理站的设计规模为 80 m³/d,24 h 运行,平均处理量为 4 m³/h。

参考项目环评报告预测的水质浓度,类比国内同行生产废水水质,且严格遵照环保主管部门对环评批复的要求,本项目的设计进水和出水水质如表 1 所示。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项目	pH 值	SS/ (mg · L ⁻¹)	COD/ (mg · L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	氨氮/ (mg · L ⁻¹)	总磷/ (mg · L ⁻¹)	HCHO/ (mg · L ⁻¹)
进水	3.5~5	400	150 000	80 000	200	10	500
出水	6~9	100	500	300	—	—	—

3 工艺流程

工艺流程见图 1。

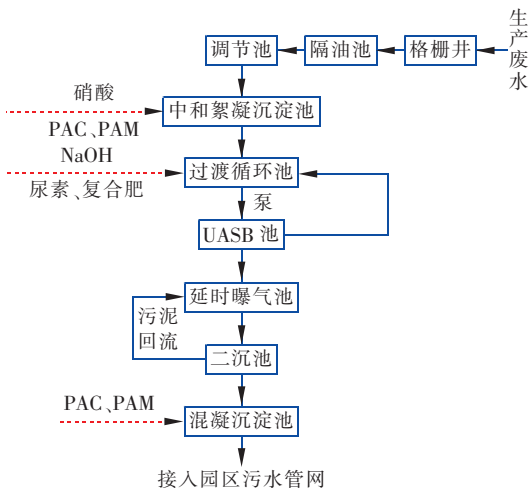


图 1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

该类废水酸性强、有机物浓度高,虽然具有可生化性,但营养物不均衡,且含有高浓度甲醛等抑制生物活性的物质。针对废水水质特点,设计采用预处理/厌氧/好氧/混凝沉淀的组合工艺。首先通过预处理,包括中和废水以调节 pH 值,投加药剂实现化学反应和絮凝沉淀,以降低后续生化系统的负荷,关键是去除有毒有害物质,使其含量低于生物处理的抑制限值。之后,通过运行成本低廉、效果稳定的生物处理技术,去除废水中大部分可降解有机物。最后辅以混凝沉淀的物化处理,将生物处理出水中大分子难降解有机物去除,使最终出水水质达到排放限值。

4 主要构筑物及设计参数

4.1 调节池

由于生产废水的水质和排放量不稳定,若直接进入处理设施,极易造成设备负荷变化过大,难以正

常运转。废水在通过格栅隔油后进入调节池,以调节水量和水质。调节池按水力停留时间为24 h考虑,即有效容积为 80 m^3 ,地下式钢筋混凝土结构,内衬玻璃钢防腐。配套2台耐腐蚀提升泵(1用1备), $Q=5\text{ m}^3/\text{h}$, $H=90\text{ kPa}$, $N=1.1\text{ kW}$ 。

4.2 中和絮凝沉淀池

中和池与絮凝沉淀池合建。本环节通过投加石灰、PAC和PAM等药剂,实现调整pH、大颗粒胶体与悬浮物絮凝沉淀和甲醛预处理等功能。鉴于进水 $\text{HCHO}\leq 500\text{ mg/L}$,略高于微生物耐受的 400 mg/L ^[6],拟采用石灰法对甲醛进行预处理,以消除对后续生物处理的抑制。而PAC和PAM将作为去除大颗粒胶体与悬浮物的絮凝剂。组合池分为中和池(含甲醛预处理反应)、絮凝反应池和沉淀池等三部分,总HRT=6 h,其中中和池为2.5 h、絮凝反应池为30 min、沉淀池为3 h,组合池有效容积为 24 m^3 ,地上式钢筋混凝土结构。在中和池采用穿孔管的空气搅拌系统实现石灰与废水的混合反应,通过pH仪自动调控pH值为8~9。PAC和PAM投加量分别为 80 mg/L 和 10 mg/L ,絮凝采用穿孔旋流反应,沉淀池为竖流式沉淀池。

4.3 过渡循环池

该池主要作为废水进入生化处理前的pH和C、N、P调节池,同时作为后续UASB内循环的集水池。设计HRT=3 h,有效容积为 12 m^3 ,地上式钢筋混凝土结构,配备提升泵2台(1用1备), $Q=10\text{ m}^3/\text{h}$, $H=90\text{ kPa}$, $N=1.5\text{ kW}$ 。另外,设NaOH、尿素、复合肥等投药装置。

4.4 UASB

采用UASB池内回流,以强化体系的混合与污泥悬浮层。废水与悬浮厌氧污泥均匀混合、充分接触,实现微生物对有机物的吸附、同化、代谢与分解。设计HRT=30 d,容积负荷为 $3\text{ kgCOD}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$,内回流比为100%,UASB池工艺尺寸为 $13.5\text{ m}\times 13.5\text{ m}\times 8.0\text{ m}$ (2座),为半地上钢筋混凝土结构。配备三相分离器系统2套、布水系统2套、集水装置2套、沼气收集系统1套、取样管6套、在线pH计2套(含温度显示)、排泥系统2套、沼气高空排放系统1套。

4.5 延时曝气活性污泥池

通过高活性的好氧微生物作用降解大部分有机物,基于进水浓度很高,活性污泥法采用了延时曝气

工艺。设计 BOD_5 负荷为 $0.03\text{ kg}/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$,MLSS为 $3\,500\text{ mg/L}$, $\text{MLVSS}/\text{MLSS}=0.7$,HRT=15 d,污泥回流比为75%。延时曝气池尺寸为 $27.5\text{ m}\times 8.0\text{ m}\times 6.0\text{ m}$,半地上钢筋混凝土结构,其中沿池长方向前3.5 m为生物选择区,回流污泥进入该区,并安装1台 1.0 kW 水下搅拌机。采用鼓风机+膜片式曝气头的充氧形式,曝气池DO控制在 $2.0\sim 3.5\text{ mg/L}$,采用三叶罗茨鼓风机2台(1用1备), $Q=5.39\text{ m}^3/\text{h}$, $H=58.8\text{ kPa}$, $N=11\text{ kW}$;采用384套膜片式曝气头。

4.6 二沉池

采用竖流式沉淀池,表面负荷为 $0.5\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,设计尺寸为 $3.0\text{ m}\times 3.0\text{ m}\times 5.3\text{ m}$,HRT=5 h,半地上钢筋混凝土结构。配备污泥回流泵2台(兼用剩余污泥排放,1用1备), $Q=5\text{ m}^3/\text{h}$, $H=90\text{ kPa}$, $N=1.1\text{ kW}$ 。

4.7 混凝沉淀池

通过二次投加药剂进行絮凝反应、沉淀,以进一步去除残余较大分子胶体的有机物。絮凝药剂PAC和PAM的投加量分别为 25 mg/L 和 8 mg/L ,采用穿孔旋流反应,HRT=30 min,斜管沉淀池表面负荷为 $0.8\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,斜管为 $\varnothing 80\text{ mm}$ 的PVC蜂窝状填料。

混凝沉淀池尺寸为 $2.5\text{ m}\times 1.8\text{ m}\times 4.0\text{ m}$,半地上钢筋混凝土结构。

5 各单元运行效果

根据确定的处理工艺流程及参数进行了施工图设计,4个月后企业完成了废水处理站的土建、设备及安装等工作,处理设施经清水试车合格后投入调试与运行。

调试中,UASB和延时活性污泥曝气池等生化单元的启动是工艺流程的控制环节,接种污泥取自企业所在工业园区污水处理厂二沉池排出的新鲜剩余污泥。调试方法遵循“间歇进水→连续进水”、“小水量→设计水量”的循序渐进原则,历经两个半月(78 d)后,此时UASB的COD去除率已超过70%,曝气池MLSS也达到 $3\,300\text{ mg/L}$ 左右的水平,调试启动工作结束。

在调试进程完成后,废水处理站在 $73\sim 82\text{ m}^3/\text{d}$ 的流量范围内稳定试运行了近2个月,试运行期间及当地环保监测部门对处理站的进、出水水质的监测结果如表2所示。

表 2 运行及验收监测结果
Tab. 2 The acceptance monitoring results

项 目	SS/ (mg · L ⁻¹)	COD/ (mg · L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	氨氮/ (mg · L ⁻¹)	总磷/ (mg · L ⁻¹)	pH 值
试运行进水	35 ~ 205	(29.9 ~ 135.8) × 10 ³	(12.5 ~ 67.6) × 10 ³	125.4 ~ 232.6	1.45 ~ 3.58	3.8 ~ 5.1
试运行出水	32 ~ 68	367 ~ 510	178 ~ 255	2.25 ~ 5.48	0.20 ~ 0.45	7.4 ~ 7.8
验收进水	68 ~ 182	(45.8 ~ 128.5) × 10 ³	(20.1 ~ 61.4) × 10 ³	157.6 ~ 201.2	1.98 ~ 3.61	3.7 ~ 4.8
验收出水	58 ~ 72	422 ~ 465	185 ~ 201	2.14 ~ 3.79	0.33 ~ 0.38	7.2 ~ 7.5
排放标准	400	500	300	—	—	6 ~ 9

6 建设费用及运行成本

该废水处理站工程建设总投资为 288 万元,吨水投资为 3.60 万元,其中土建工程费为 154 万元,处理设备、电气仪表及安装工程费为 88 万元,厂区管网配套建设费为 36 万元。运行成本约为 18.40 元/m³,其中药剂费为 8.80 元/m³、电费为 5.40 元/m³、人工费为 4.20 元/m³。

7 结论

基于二羟甲基丁酸生产废水的水质特征,综合各种处理工艺特点,设计采用预处理/UASB/延时曝气/混凝沉淀组合工艺,有效去除 DMBA 废水中的有毒有害物质,以保证生化工艺的良好运行。该废水处理站(80 m³/d)建成后,经稳定的试运行及当地环保监测部门验收表明,处理后废水水质能够达到设计的排放标准,满足工业园区接管要求,可为同类型高浓度有机化工废水处理提供借鉴。

参考文献:

[1] 张辉,盛楠,郭金仓. 医药化工废水处理技术[J]. 能源与环境,2010,(5):49-51.
[2] 吴志超,顾国维,何义亮,等. 高浓度有机废水厌氧膜生物工艺处理的中试研究[J]. 环境科学学报,2001,21(1):34-38.

[3] 陈刚,李丹阳,张光明. 高浓度难降解有机废水处理技术[J]. 工业水处理,2003,23(3):13-16.
[4] 张永梅,孙洁,吴茂. 焚烧法处理高浓度有机农药生产废水[J]. 给水排水,2008,34(1):59-61.
[5] 戴建军,何尚卫,蒋杨,等. 医药中间体废水实际工程处理效果分析[J]. 水处理技术,2016,42(4):107-111.
[6] 王志海,魏宏斌,贾志宇. 甲醛废水处理技术的研究进展[J]. 净水技术,2008,27(6):8-10.



作者简介:刘文伟(1972-),男,福建永春人,高级工程师,主要从事水污染控制与固废处理工作。

E-mail:liuwenwei2000@163.com

收稿日期:2017-02-23

推行节水灌溉方式和节水技术,提高农业用水效率