

环保与安全 本栏目由中国化工防治污染技术协会协办

O-A-O 组合工艺处理高浓度饮品工业废水

程艳坤¹ 阎志谦¹ 吴志强²

(1. 河北化工职业技术学院, 石家庄 050031; 2. 石家庄常丰环境工程公司, 石家庄 050031)

摘要:介绍了好氧-兼氧-好氧(O-A-O)组合工艺处理高浓度饮料工业废水的工艺原理、污泥的培养驯化及运行效果。结果表明,化学需氧量(COD_{cr})去除率达 99.2%,悬浮物去除率为 73.2%,处理效率高,出水水质可完全达标排放。最后对 1 000 m³/d 废水处理工程的投资进行了概算,并对相关费用进行了分析。

关键词:生物接触氧化;水解酸化;饮品工业废水

中图分类号:X792

文献标识码:A

Wastewater treatment in drink industry by O-A-O combined biochemical process

CHENG Yan-kun¹, YAN Zhi-qian¹, WU Zhi-Qiang²

(1. Hebei Chemical Industry School, Shijiazhuang 050031, China;

2. Shijiazhuang Changfeng Environmental Engineering Company, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: A aerobic-anoxic-aerobic(O-A-O) combined biochemical process for wastewater treatment in drink industry is introduced, including the principle, activated sludge training and running results. Results show that the chemical oxygen demand (COD_{cr}) and suspension substance(SS) removal rates are 99.2% and 73.2% respectively. All the quality indexes of the treated water fit the requirements of Discharge Standard of Industrial Water Pollution. The investment and production cost for 1 000 m³/d wastewater treatment unit are estimated and analyzed.

Key words: bioattached oxidation; hydrolytic; drink industrial wastewater

承德露露股份有限公司决定将原在承德经济开发区建设的 10 万 t/a 杏仁露工程扩建为 20 万 t/a。为了解决该项目在生产过程中因废水排放而带来的环境污染,实现环保“三同时”,石家庄常丰环境工程有限公司承揽该项废水处理厂改造设计工程。该项工程尽可能改造和利用现有污水站的设备,降低工程投资。2001 年 8 月工程投入试运行,运行 1 年来,获得了较好的环境效益与经济效益。

1 废水水质

杏仁露生产过程产生的废水经清污分流后,需处理的废水主要来自杏仁浆桶冲洗废水,杏仁露配制罐、杀菌水、脱苦杏仁清洗水,设备清洗污水,以及杏仁露的泄漏、动力冷却水。其主要成分为糖、蛋白质等有机污染物,易于生物降解,但浓度高。废水水

质情况(设计水量为 1 000 m³/d)如表 1 所示。

表 1 废水水质指标

项目	COD _{cr}	BOD ₅	悬浮物	pH 值
进口	19320	206	281	7~8
出口	93	19.1	30.4	7~8
出水二级标准	< 150	30	< 150	6~9

2 废水处理站工艺流程及说明

在废水处理站工艺设计时,经过多方案的技术经济对比和已有工程实践,提出如图 1 所示的工艺路线。

废水经预曝集水池前的粗、细两道格栅去除大块漂浮物、悬浮物等杂物后进入预曝集水池,在鼓风

曝气的作用下防止产生臭味。预曝集水池中的废水由泵提升至混凝沉淀池,泵前加入混凝剂,混凝剂与废水充分混和反应后形成絮凝体,在沉淀池中沉淀分离相对密度大于 1 的悬浮物,从而去除大部分有机污染物。沉淀池出水自流进入气浮池,经气浮去除相对密度小于或接近于 1 的悬浮物,经过沉淀和气浮后水中的悬浮物及膜体物质基本上被去除,所剩的污染物大部分为可溶性的。

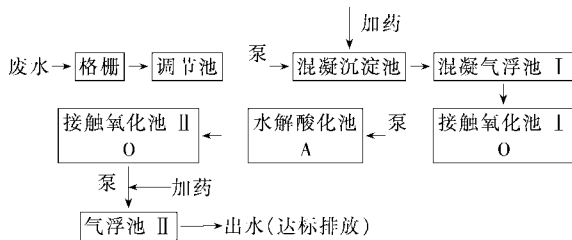


图 1 废水处理工艺流程图

一级气浮出水自流至一级接触氧化池,接触氧化池中填料上附着生长的微生物,在好氧条件下将废水中的有机物进一步降解去除或转换成自身物质。一级接触氧化池出水经泵提升至酸化水解池,在厌氧条件下将水中的蛋白质、糖类等大分子有机物断链开环成小分子有机酸,提高可生化性,有利于后续工艺的处理。酸化水解池出水自流至二级接触氧化池,进一步进行生化处理。二级接触氧化池出水经泵提升至气浮池,泵前加入混凝剂,混凝剂与废水中脱落的生物膜及胶体物质充分混和反应后形成絮凝体,经气浮作用上浮而被去除。

经以上处理工艺后废水中的污染物绝大部分已被去除,出水可达到排放标准。沉淀池和气浮池产生的污泥进入污泥浓缩池,浓缩后的污泥泵入污泥罐经压缩空气压入板框压滤机,污泥压滤成饼后外运可用作农肥,因为浓缩池上清液和压滤液 COD_{cr} 浓度较高,返回到曝气集水池,重新进入废水处理系统,这样就完成了整个处理过程。

3 难降解有机物的处理和生物脱氮、脱磷

3.1 难降解有机物的处理

大分子难降解有机物经过缺氧阶段,在微生物水解和酸化作用下变为小分子,从而提高 BOD_5/COD 比值,其目的是改变原污水的可生化性,缺氧水解为后续处理“减少难度”。好氧段有机物被氧化生成 CO_2 和水。

3.2 生物脱氮

生物脱氮一般经过两个阶段,即硝化和反硝化。

硝化是氧化过程而反硝化是还原过程,完整的生物脱氮需要好氧和缺氧组合工艺。参与反硝化作用的异养菌在生长时需以有机物为碳源,因此,在反硝化的同时也能去除水中的 COD_{cr} [1]。

3.3 生物脱磷

一般认为生物脱磷过程是把缺氧条件下回流污泥中富集的磷释放,然后在好氧条件下,原水中的磷和污泥中释放出的磷,由噬磷菌在同化过程中吸取、富集并进入污泥中,经排泥而去除;部分回流污泥带有少量的磷回到缺氧段。P 和 N 往往同时存在,而脱氮要求和脱磷要求的组合次序正好相反,因而也对处理增加了一些困难 [2]。

3.4 运行模式

运行模式为:进水—好氧反应—缺氧搅拌—好氧反应—沉淀—出水。这个模式完全是按脱氮要求安排好氧和缺氧顺序的。第一个好氧反应阶段是使 NH_3-N 转化为 NO_x ($x = 2,3$);缺氧阶段使 NO_x 转化为 N_2 ,从而达到脱氮的目的;第二个好氧是为了使剩余的 NH_3-N 硝化,提高对出水 NH_3-N 的要求。只要条件合适 NH_3-N 去除率可达 100%。

反硝化需要足够的碳源,本工程属于含糖废水,有足够的有机碳来满足反硝化,第一次反硝化以后再设好氧段,使原污水中带来的 NH_3-N 得到硝化,从而降低 NH_3-N 浓度,也大大降低了废水中的 COD_{cr} 。

4 工程调试运行

接种微生物取自本厂二沉池后经脱水的剩余污泥,投加量约为池体体积的 5%。闷曝 1 天后用食品废水连续驯化的方式培养硝化菌。控制条件为:溶解氧(DO)约 3.0 mg/L, pH 值 7.0 以上,水温 20~30℃。运行 10 天后按 A/O 系统流程连续进水,再培养反硝化菌,同时使硝化菌进一步增殖,逐渐加大进水量,从低负荷逐渐过渡到高负荷,好氧池半个月,兼氧池 1 个月后,微生物培养驯化基本完成。

工程运行期间环境监测站于 2002 年 1 月 22 日至 24 日每天进行 4 次(9:00、12:00、14:00、16:00)采样,进口和总排出口废水监测结果如表 2 所示。

由表 2 可见,环境监测站监测出的主要污染物指标 12 次监测均达到标准,出水水质较稳定,主要污染物的去除率均较高,其中 COD_{cr} 平均去除率为 99.2%,悬浮物平均去除率为 73.2%,处理设施稳定运转。

表2 进口和总排出口废水监测结果 mg/L

		mg/L							
		pH值		悬浮物		COD _{cr}		BOD ₅	
		进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
22日	9:00	7.85	8.09	164	36	11900	17.3	875	5.82
	12:00	7.68	8.22	143	28	23000	8.62	1200	5.44
	14:00	7.1	8.30	121	33	19000	13.9	732	7.25
	16:00	7.61	8.20	80	37	20100	11.6	1350	6.47
23日	9:00	7.23	8.03	128	26	21000	10.0	698	5.47
	12:00	7.87	8.26	268	31	23000	15.5	1680	5.63
	14:00	8.15	8.46	255	28	12000	18.6	1650	8.00
	16:00	8.36	8.34	127	25	13500	8.57	1140	6.76
24日	9:00	6.97	8.03	164	34	11900	15.7	1200	5.84
	12:00	8.23	8.09	175	33	12600	21.4	650	5.79
	14:00	7.89	8.35	198	29	19870	25.7	1000	5.77
	16:00	8.56	8.12	222	36	11500	22.7	799	5.86

5 结果与讨论

选择第一接触氧化池前加混凝沉淀池和混凝气浮池,废水经加药沉淀和气浮处理后能较大程度地去除废水中大量悬浮物,防止生化池中填料(微生物载体)表面被粘色,破坏微生物活性并降低填料水中使用寿命。

本废水处理工程O-A-O法借鉴了A-B生物膜法处理溶解的高浓度糖类废水,防止活性污泥膨胀的弱点,增加了混合液挥发性悬浮固体(MLVSS),提高处理效率,缩短水力停留时间,减少投资,以使整个系统高效稳定地运行^[3]。

在生物接触氧化池I,以进水中易降解COD数据为设计依据,按照好氧处理要求选择设计参数,达到基本去除易降解COD的要求,可以大大缩短泥龄。水解(酸化)-好氧处理较大地提高了BOD₅/COD比值,有效去除难降解有机物,缩短了常规反应时间。水解酸化池根据进水中难降解COD数据,按照兼氧理论中水解段要求选择设计参数,达到使大分子转化为小分子从而提高废水可生化性目的。在生物接触氧化池II,根据兼氧段出水和排放标准,按照好氧处理要求选择设计参数,一般宜设计成延时曝气形式。本工程保证了运行效果(出水水质)稳定,总有机物去除率达93.5%,具有极强的抗冲击负荷能力,微生物恢复期较短。

生化处理后出水中难以沉降的脱落生物膜,利用与气泡相互粘附来分离水中微粒的方法,称气浮法。气浮系统采用加压溶气气浮工艺。根据不同的沉凝剂价格、处理效果,确定投加药剂为聚合氯化

铝。半年的稳定运行表明:与二沉池相比,气浮池具有明显的优越性,占地面积小,建设费用省,去除悬浮物效果好,有效地克服了二沉池污泥膨胀等缺点。

6 投资概算与经济分析

主要构筑物工艺参数如表3所示。

表3 主要构筑物工艺参数

	水力停留时间/h	有效容积/m ³	气水(回流)比
曝气集水池	3.5	140	5
混凝沉淀池	2.5	100	
气浮池I	1.0	40	0.5
接触氧化池I	10.0	400	20
水解酸化池	4.0	160	
接触氧化池II	10.0	400	15
气浮池II	1.0	40	0.5

主要设备及构筑物形式如表4。

表4 主要设备及构筑物形式

设备名称	规格型号	数量	功率/kW
格栅		2	
提升泵	QW1.5	2台	1.5
混凝加药系统	CF200	2套	0.35
预曝气系统	CFY20	1套	
鼓风机	SSR	6	7.5
水解酸化池			
氧化曝气系统	CFB200	1套	
提升泵	80WG	4	3
混凝沉淀池	CF-260	4	
填料及支架	弹性		
气浮池	CFQ-50	2	8.5
污泥处理系统		2	

投资概算如表5所示。

表5 投资概算

项目	金额/万元
主要设备及投资	140.0
土建投资	23.0
管、阀、件、仪表	6.5
配电系统	2.5
钢材(操作平台等)	2.0
设计费(5%)	8.7
安装调试费(5%)	7.55
原有设备拆除费	3.5
法定利润(2.5%)	4.27
税金(3.24%)	5.67
工程总投资	203.69

(下转第52页)

传统上北美、西欧和日本一直是世界上 PP 树脂的主要供应地区,然而随着近年来亚洲和中东地区新建装置的不断投产已经改变了这种格局。

根据已宣布的新建或扩建计划,2002~2006 年间世界将新增 800 万 t/a 的 PP 生产能力,其中 55% 将建在中东和中国。随着几大石化新项目在中东的投资建成,这一地区成为 PP 生产增长最快的地区,其生产能力将以每年 21.5% 的速度增加,到 2010 年将达到 670 万 t/a。而亚太地区的高需求将吸收来自中东地区的新增能力。亚洲将占新增能力的 16%,欧洲和美国总共仅占 10%。

近年来,在全球的 PP 工业盈利较低、生产能力较高的环境下,为了更加具有成本效率,PP 工业出现了连续的合并和收购热潮。日本的窒素计划与 Japan Polychem 合并 PP 业务,合并后的 PP 生产能力将达到 100 万 t/a,占其国内市场的 1/3。最近沙特阿拉伯的基础工业公司 Sabic 在 2002 年 6 月完成了对 DSM 公司的收购,将其 PP 战略从中东发展到了西欧,其 PP 生产能力接近 200 万 t/a,使得 Sabic 一跃成为全球第四大 PP 生产商,增强了 Sabic 在全球聚烯烃的地位^[5]。

2001 年世界主要的 PP 生产商见表 3。

表 3 2001 年世界主要的 PP 生产商^[6] 万 t/a

公司	生产能力
Basell	557.8
BP	334.0
Atofina	208.0
ExxonMobil	169.5
Dow	138.5

1.2 消费

PP 由于其自身的价格和性能优势使得它可以在诸多领域同许多其他热塑性塑料如丙烯腈-丁二

烯-苯乙烯三元共聚物 (ABS)、尼龙、聚乙烯、聚苯乙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)、聚氯乙烯 (PVC) 等相竞争,主要用于注塑、纤维和薄膜与片材。在汽车和器具应用中,增强和填充 PP 以其优异的性能和价格优势将不断地替代工程塑料。在包装领域的需求 (尤其是食品包装) 也将继续增长。近年来,PP 在片材挤出中替代聚苯乙烯、在地毯面纱中替代尼龙、在器具应用中替代 ABS、在薄膜和医用领域替代柔性 PVC 的需求不断快速增长。

同其他大宗热塑性塑料相比,PP 对其他材料的替代以及新的应用领域的开发,使其一直保持较高的增长率,在过去几年里,世界 PP 的需求以每年 7%~10% 的速度增长。2001 年全球 PP 的消耗量增长约 6%,从 2000 年的 2 930 万 t 增长到 2001 年的 3 100 万 t,主要消耗地区是亚洲、北美和西欧。亚/太地区需求增长率为 10%~11%,而美国仅增长 0.5%~1%,西欧增长 4%~5%。2000~2001 年北美 (美国和加拿大)、西欧和日本 PP 的消费结构见表 4 至表 6^[6]。

表 4 北美 PP 消费结构 万 t

市场	2000 年	2001 年
注塑	207.0	219.4
器具	11.4	12.0
消费品	89.8	95.2
硬包装	71.2	75.5
运输	26.0	27.5
吹塑	6.6	7.9
挤出	259.0	274.5
纤维和长丝	173.4	182.1
薄膜 (10 mil 及以下)	61.0	64.6
片材 (10 mil 以上)	15.0	19.5
其他	172.0	182.3
总计	644.6	684.1

注:1 mil = 0.0254 mm。

(上接第 49 页)

经济分析:

$$\textcircled{1} \text{人工费} = \text{职工人数} \times \text{月工资} \times 12 = \\ 4 \times 400 \text{ 元/月} \times 12 \text{ 月/a} \times \\ 1 \text{ 万元/10000 元} = 1.92 \text{ 万元/a}$$

$$\textcircled{2} \text{电费} = 46.25 \text{ kW} \times 24 \text{ h/d} \times 330 \text{ d/a} \times \\ 0.5 \text{ 元/(kW} \cdot \text{h)} \times 1 \text{ 万元/10000 元} = \\ 18.32 \text{ 万元/a}$$

$$\textcircled{3} \text{药剂费} = 1 \text{ 元/t} \times 1 \text{ 000 t/d} \times 330 \text{ d/a} \times \\ 1 \text{ 万元/10000 元} = 33 \text{ 万元/a}$$

$$\textcircled{4} \text{吨水处理成本} = (1.92 + 18.32 + 33) \text{ 万元/a} \div \\ 1000 \text{ t/d} \div 330 \text{ d/a} \div \\ 1 \text{ 万元/10000 元} = 1.61 \text{ 元/t}$$

参考文献

- [1] 李培红,张克峰,王永胜,等.工业废水处理与回收利用[M].北京:化学工业出版社,2001
- [2] 蔡不斌.生物处理方法中的好氧-缺氧组合技术[J].中国给水排水,1993,9(6):16~17
- [3] 周海峰,詹伯君,王剑军.O/A/O 组合工艺处理印染废水设计[J].中国给水排水,2000,16(6):36~39