



啤酒废水处理工艺及浅析

作者：朱月梅

阅读：1526 次

上传时间：2006-05-31

推荐人：goodwkz (已传论文 3 套)

简介： 我国是啤酒生产大国，啤酒废水已成为较高有机物污染大户，因此，对啤酒废水进行处理达标后排放已显得十分重要。介绍了 5 种较成熟的啤酒废水处理工艺(流程)方案，简述了各自的特点和优缺点，并对 5 种工艺方案进行了初步分析。

关键字：啤酒废水 生化处理 物化处理 处理工艺 水解酸化 接触氧化 厌氧内循环

概述

80 年代以来，我国啤酒工业得到迅速发展，到目前我国啤酒生产厂已有 800 多家，据 1996 年统计我国啤酒产量达 1 650 万 t，既成为世界啤酒生产大国，又成为较高浓度有机物污染大户，啤酒废水的排放和对环境的污染已成为突出问题，引起了各有关部门的重视。

啤酒废水的主要成分和来源是：制麦、糖化、果胶、发酵(残渣)、蛋白化合物，包装车间等有机物和少量无机盐类。其水质及变幅范围一般为：pH=5.5~7.0(显微酸性)，水温为 20~25℃，CODCr=1200~2300mg/L，BOD5=700~1400mg/L，SS=300~600mg/L，TN=30~70mg/L。水量为每生产 1t 啤酒废水排放量为 10~20m³，平均约 15m³，目前全国啤酒废水年排放量在 2.5 亿 m³ 以上。

“七五”以来，我国对啤酒废水的处理工艺和技术进行了大量的研究和探索，特别是轻工业系统的设计院和科研单位，对啤酒废水的处理进行了各方面的试验、研究和实践，取



得了行之有效的成功经验，逐渐形成了以生化为主、生化与物化相结合的处理工艺。生化法中常用的有活性污泥法、生物膜法、厌氧与好氧相结合法、水解酸化与 SBR 相组合等各种处理工艺。这些处理方法与工艺各有其特点和不足之处，但各自都有较为成功的经验。目前还有不少新的处理方法和工艺优化组合正在试验和研究，有的已取得了理想的成效，不久将应用于实践中。

啤酒废水的主要特点之一是 BOD5/CODCr 值高，一般在 50%及以上，非常有利于生化处理，同时生化处理与普通物化法、化学法相比较：一是处理工艺比较成熟；二是处理效率高，CODCr、BOD5 去除率高，一般可达 80%~90%以上；三是处理成本低(运行费用省)。因此生物处理在啤酒废水处理中，得到了充分重视和广泛采用。现把目前啤酒废水处理中相对比较成熟的生物处理工艺，进行一些阐述和比较。

1 处理工艺

1.1 处理工艺方案 1(见图 1)



图 1 处理工艺方案 1

该处理工艺是轻工部设计院为代表的推荐采用方案，河南开封啤酒厂、青岛湖岛啤酒厂、厦门冷冻厂啤酒厂等均采用此处理工艺流程，处理后均达标排放。细格栅起初步的固液分离作用，故不设初沉池；酸化池中设填料，为细菌提供呈立体状的生物床，把水中的颗粒物质和胶体物质截留和吸附，同时在水解细菌作用下，将不溶解性有机物水解为溶解性物质，在产酸菌协同作用下，将大分子物质、难于生物降解的物质转化为易于生物降解的小分子物质。物化法中选用加药反应气浮池的理由主要为三点：一是悬浮物等去除率高，普通沉

淀池去除率仅为 30%左右，竖流式沉淀池为 40%~50%，而气浮可达 80%~90%；二是气浮污泥含水率为 97%~98%，气浮排渣可直接进行脱水处理，而其它沉淀池的污泥含水率达 99%以上；三是气浮池气浮水力停留时间短，约 30min 左右，而其它沉淀池的水力停留时间 1.5~2h,故气浮池体积小，减少占地面积。但气浮处理需要增设一套空压机、压力溶气罐、回流水泵等组成的辅助系统(图 1 中未绘出)，操作管理相对较复杂。

微生物所需要的营养，主要为碳水化合物、氮化合物、水、无机盐类(氮和磷)及维生素。通常要求 BOD：N：P=15：5：1,为满足此要求，故在接触氧化池前投加氨氮。

1.2 处理工艺方案 2(见图 2)

处理工艺方案 2 与处理工艺方案 1 在主体处理系统上基本上是相同的，都是水解酸化、接触氧化和气浮池，主要不同点：一是高浓度废水先采用 UASB(上流式厌氧污泥床)预处理后再进入低浓度废水调节池，进行主体处理系统；二是主体处理系统调节池前增设了沉砂池和分离机(高浓度废水预处理系统中调节池前也增设了沉砂池和分离机)。

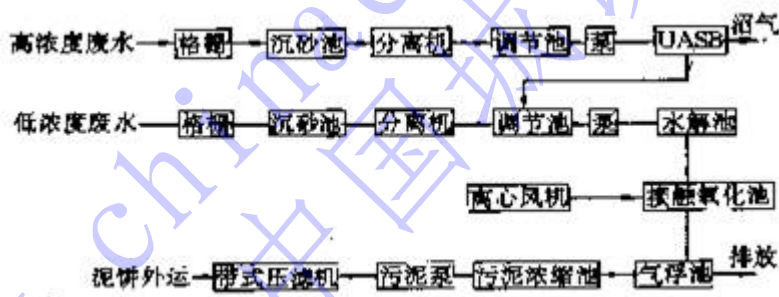


图 2 处理工艺方案 2

该工艺用在山东省三孔啤酒有限公司废水处理中，高浓度有机废水水量水质为:Q1 = 500 m³/d; CODCr:5000mg/L; BOD₅:2500mg/L; SS:3000mg/L。低浓度有机废水：Q2=3500m³/d; CODCr:500mg/L; BOD₅: 250mg/L; SS:500mg/L。Q=Q1+Q2=4000m³/d。

设计按当时的 GB8978—88 现有企业栏标准，即：CODCr≤150mg/L; BOD₅≤60mg/L; SS≤100mg/L;pH=6~9。

UASB 进出水水质和混合水经主体处理系统的进出水水质见表 1 和表 2。可见处理后的出水水质好于设计采用的标准值，全部达标排放。

表 1 UASB 进出水水质

项目	进水水质	出水水质	除率(%)
COD(mg/L)	2320 ~ 3300	560~643	75.9~80.5
BOD(mg/L)	800~1640	365~407	54.4~71.2
SS(mg/L)	634 ~ 10760	90~1 236	85.8~88.5
PH	5.20~5.63	6.80~7.32	

表 2 混合水经主体处理进出水水质

项目	进水水质	出水水质	除率(%)
COD(mg/L)	540 ~ 1405	31.9 ~ 65.2	94.1 ~ 95.5

BOD(mg/L)	179~547	16.1 ~ 28.9	93.5 ~ 95.7
SS(mg/L)	161~752	16~54	90~92.8
PH	6.94 ~ 9.39	7.86 ~ 8.13	

把高浓度有机废水先单独进行预处理，反映了两个主要特点：一是采用厌氧生物处理中的 UASB 反应器，它具有截留污泥量大，颗粒化程度好，处理高浓度有机废水能力强等特点。该反应器采用中温发酵，内部具有热交换装置，结构较紧凑，温度、碱度、负荷等由微机控制；二是高浓度废水集中进行厌氧处理，产生沼气量大，可以集中使用。该反应器设计容积负荷为 6.0kg/(m³·d),去除 1kgCOD 产生 VSS0.082kg,产生沼气 0.52m³,则 1 天可产生 1000 多 m³ 沼气。

1.3 处理工艺方案 3(IC-CIRCOX 工艺，见图 3)

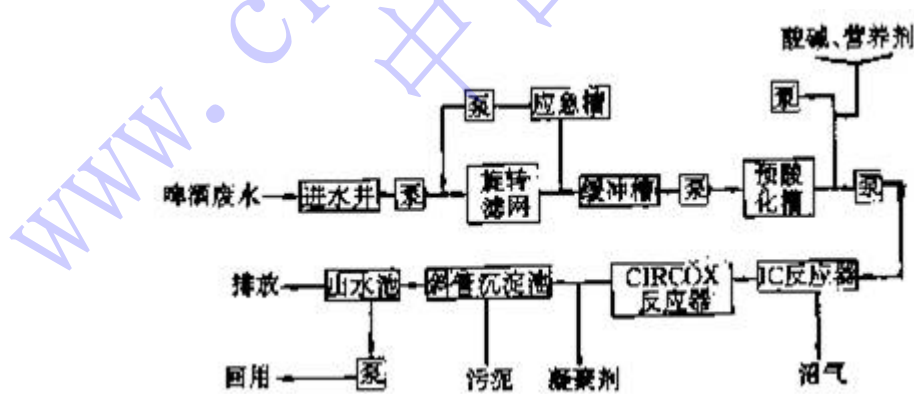


图 3 IC-CIRCOX 处理工艺(方案 3)

IC(厌氧内循环)反应器根据 UASB 的原理，80 年代中由荷兰帕克(PAQUES)公司开

发成功。它由混合区、污泥膨胀床、精处理区和循环系统四个部分组成。它与其它厌氧处理工艺相比有以下特点：

- (1)因反应器为立式结构，高度为 16~25m,故占地面积小，同时沼气收集也方便。
- (2)有机负荷高，水力停留时间短，它与其它厌氧处理工艺的有机负荷和水力停留时间比较见表 3。

表 3 各种厌氧处理工艺的有机负荷与水力停留时间

工艺	有 机 负 荷 kg COD/m ³ ·d	水力停留时 间 h
普通消化池	0.5~2	>90
接触消化池	2~ 4	10~15
厌氧过滤器	3~10	>20
UASB	15~30	1~8
IC 反应器	18~40	2~5

- (3)剩余污泥少，约为进水 COD 的 1%，且容易脱水。
- (4)靠沼气的提升产生循环，不需要外部动力进行搅拌混合和使污泥回流，节省动力消耗。



(5)因生物降解后的出水为碱性，当进水酸度较高时，可通过出水的回流使进水中和，减少药剂使用量。

(6)耐冲击负荷性能强，处理效率高，COD 去除率为 75%~80%,BOD 去除率为 80%~85%。

(7)生物气纯度高(CH_4 为 70%~80%， CO_2 为 20%~30%，其它有机物为 1%~5%)，可作燃料加以利用。

CIRCOX(封闭式空气提升好氧)反应器为双层立式筒体(外层为下降筒体，内层为上升筒体)，水由底部进入反应器，与压缩空气一起从内层筒体(也称上升管)向上流，使进水与微生物充分接触，微生物粘附在载体(细砂类物质)表面，形成生物膜，使活性污泥有良好的沉降性能，不易被出水带离反应器而在系统内循环，筒体的上部做成“帽状”(直径放大约 1/3 左右)，气、水和污泥的混合液进入反应器上部“帽状”的三相分离区分离；气体从上面离开反应器，澄清水从出水口流出，污泥经过沉降区返回到反应器底部。

CIRCOX 反应器与其它好氧处理工艺相比，有以下特点：

(1)高度与直径比大，故占地面积小。

(2)有机负荷与微生物浓度高，有机负荷为 $4\sim 10\text{kgCOD}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ，微生物浓度 $15\sim 30\text{kgVSS}/\text{m}^3$ 。

(3)水力停留时间短，一般为 $0.5\sim 4\text{h}$ 。

(4)剩余污泥少，小于进水 COD 的 5%；污泥回流在同一反应器内完成，不需要外加动力。

(5)因该反应器为封闭系统，可以容易地控制污水中易挥发物质，可根据需要设置生物过滤器或活性炭过滤器处理废气。

(6)因反应器内液体的流速很高，约为 50m / h，载体通过相互碰撞摩擦而自动脱膜，不需要另设脱膜装置；同时污水中的悬浮物很容易从反应器内冲出，允许进水悬浮物的浓度较高，不需设预沉池。

(7)因活性污泥在反应器内循环，泥龄很高，污泥中可产生一些生长速度很慢的硝化细菌等，故 CIRCOX 反应器适合于处理含氮化合物及其它难降解的化合物。

IC 反应器应用于高浓度有机废水处理，CIRCOX 适用于低浓度的啤酒生产废水和城市污水处理，两者串连起来是优化的组合，体现了占地面积小，无臭气排放，污泥量少和处理效率高的优点。1995 年上海富仕达酿酒公司引进了帕克公司的专利技术处理啤酒生产废水(工艺流程如图 3 所示)，已建成投产，处理能力 4800m³/d，进、出水水质见表 4。

表 4 上海富仕达公司啤酒废水处理站进出水水质

项目	进 水 水 质平均	进 水 水 质 范围	出 水 水 质 平均	出 水 水 质范围
COD (mg/L)	2000	1 000 ~ 3000	75	50~100
BOD (mg/L)	1250	600~1875	≤30	
SS (mg/L)	500	100~600	50	10~100
NH+4-N (mg/L)	30	12~45	10	5~15

磷酸盐(mg/L)	20	10~30		
PH	7.5	4~10	7.5	6~9
温度(℃)	37	30~50	<40	

图 3 中，旋转滤网的出水管上设温度和 pH 在线测定仪表，当温度和 pH 的测定值满足控制要求时，废水就进入缓冲槽，否则排至应急槽，再用泵提升到旋转滤网进水管内。缓冲槽内设淹没式搅拌机，使废水均质并防止沉淀。设预酸化槽的目的为：一是使有机物部分降解为挥发性脂肪酸；二是调节营养比例；三是调节 pH 值。

1.4 处理工艺方案 4(见图 4)

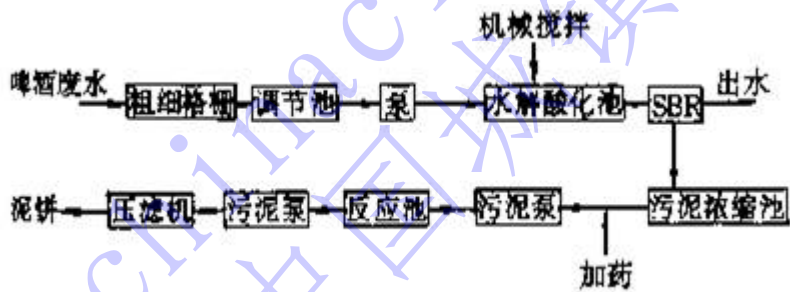


图 4 处理工艺方案 4(SBR 为主体)

该工艺以水解酸化-SBR 为主体。水解酸化池内设填料(球形填料)，水力停留时间为 4h 左右(利用厌氧过程的前阶段)，COD 去除率 30%~40%，pH 值 4.8~5.2。SBR 反应池内反应时间约为 6h 左右，水温 20~25℃，污泥浓度 4 000mg/L 左右，出水水质达到原 GB8978—88 一级排放标准，COD 总去除率>92%，BOD 总去除率>98%。

SBR 处理工艺的特点是集生物降解和终沉排水等功能于一体，与传统的连续式活性污泥法(CFS)相比，可省去沉淀池和污泥回流设施，具有运行稳定，净化效率高，耐冲击

负荷，避免污泥膨胀，便于操作管理等特点。

1.5 处理工艺方案 5(见图 5)

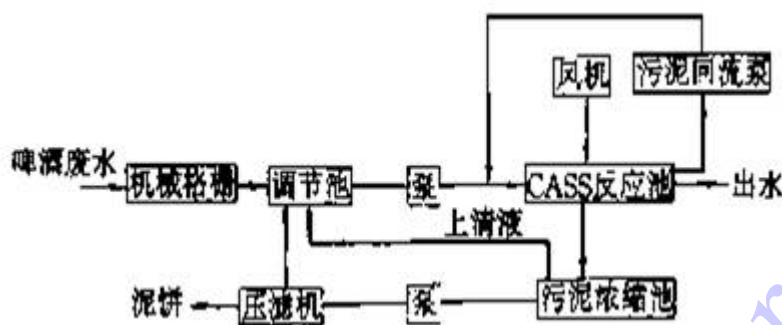


图 5 CASS 反应池为主体处理工艺

CASS 与 CAST 相似，是一种循环式活性污泥法，CASS 反应池的运行一般包括三个阶段：进水、曝气、回流阶段；沉淀阶段；滗水、排泥阶段。周期为 4~12 h，根据需要设定。CASS 反应池一般用隔墙分隔成三个区：生物选择区、预反应区、主反应区。生物选择区内不进行曝气，类似于 SBR 法中的限制性曝气阶段。在该区内，回流污泥中的微生物大量吸附废水中的有机物，能较迅速有效地降低废水中有机物浓度；预反应区采取半限制性曝气，溶解氧保持在 0.5mg/L 左右，使该区存在着反硝化进程的可能；主反应区进行强制鼓风曝气，使有机物及氨氮得到生化与硝化。

该处理工艺用于安徽某啤酒废水处理中，CASS 反应池运行周期 8 h，其中进水、曝气、回流时间 6 h，进水、沉淀时间 1 h，滗水、排泥时间 1 h。处理水量 3500m³/d，进水水质为：COD_{Cr}: 800~1 500mg/L；BOD₅: 400~800mg/L；SS 300~600mg/L。根据测试，处理后的出水：COD_{Cr}: 63~120mg/L；BOD₅: 41~58mg/L；pH: 6.7~8.3。当然还有其它处理工艺，如单独采用好氧法和单独采用厌氧法(包括 UASB 反应器)等，但并不具有代表性，故不作详述和介绍。

2 处理工艺浅析

就上述介绍的具有一定代表性的啤酒废水处理工艺谈些粗略看法和分析。



(1)根据啤酒废水 BOD₅ / COD_{Cr} 大的特点, 上述 5 个处理工艺方案的共同点, 均以生物处理为主体, 而且基本上均以前级为厌氧(水解酸化为主), 后级为好氧处理, 所不同的为: 一是后级好氧生化处理分为生物接触氧化法(生物膜法)和活性污泥法(微生物呈悬浮状态); 是在厌氧和好氧生物处理中, 又分为成熟的传统方法(工艺 1、2、4)和较新技术应用的方法(如工艺 2 中预处理用 UASB, 工艺 3 中 IC 和 CIRCOCX 及工艺 5 中的 CASS 法)。但有一个共同点是可以肯定的: 啤酒废水(混合水)采用厌氧(水解酸化)生物处理与好氧生物处理相结合(为主体)的处理工艺是成熟、可靠的工艺, 是可以接受和被采用的。

(2)总的来说, 厌氧(水解酸化)与好氧为主体的处理工艺, 产生的污泥量较少, 但上述 5 个处理工艺中也有区别, 处理工艺 1~3 在好氧生物处理后均设沉淀设施(工艺 1 和 2 为气浮池, 工艺 3 为斜管沉淀池); 而处理工艺 4 和 5, 在好氧生物处理后不设沉淀池, 污泥量很少, 大多数内部消化, 故污泥直接进入污泥浓缩池, 进行污泥的处理与处置。从上述 5 个处理工艺分析, 工艺 1~3 好氧生物处理采用的是生物膜法(前两个是生物接触氧化法, 第三个 CIRCOCX 反应器是好氧生物流化床原理发展而来, 微生物粘附在细砂类载体物表面, 形成生物膜), 生物膜要进行新、老更替, 老的膜剥落后需要经沉淀后去除(当然同时也去除悬浮物等), 故氧化(好氧)生物处理后要设沉淀设施。后两种好氧生物处理均属活性污泥法范畴, SBR 集生物降解和终沉排水于一体, 污泥浓缩在 SBR 池下面, 省去了沉淀池; CASS 反应池污泥用回流泵回流(循环式活性污泥法), 产泥少、污泥直接进污泥浓缩池, 不设沉淀池。可见后两种工艺省去了沉淀设施, 减少了沉淀池的造价和占地面积。可以这样说: 好氧生物处理采用生物膜法, 后面要设沉淀池, 其处理工艺由生化和物化相结合; 好氧生物处理采用 SBR 和 CASS 反应池的, 后面可不设沉淀池, 其处理工艺省去了物化处理, 由单一的生化处理组成。

(3)处理工艺 2 中, 把高浓度有机废水采用 UASB 进行预处理后再进入总调节池, 与低浓度有机废水进行混合, 再进入主体处理工艺系统。从表 1 数据可见, 高浓度有机废水采用厌氧处理中的 UASB 反应器进行处理, 效果是好的, COD_{Cr}、BOD₅、SS 等去除率均较高, 因此它不仅可用于高浓度啤酒废水的处理, 也可用于豆制品等其它高浓度有机废水的处理。有资料报道, 啤酒废水处理中, 高浓度废水采用 UASB 反应器进行预处理, 混合废



水进入 AS(活性污泥法)处理(称为 UASB+AS 法)与全部直接进入 AS 法处理比较,UASB+AS 法比 AS 法节省曝气电费 68%, 节省污泥处理费 59%, 沼气还可利用; 与 SBR 法比较, 运行费和污泥处理费也比 SBR 低。1996 年 11 月 7 日日本的《日经产业经济新闻》报道, 朝日啤酒公司将在 1999 年以前更新其所属日本国内的全部啤酒厂废水处理设备, 全部采用 UASB+AS 法工艺。因此, 我国的啤酒废水处理工艺中, 应重视采用 UASB 技术。

(4)总的来说, 啤酒废水采用厌氧(水解酸化)预处理, 再进行好氧处理是比较理想的, 但上述 5 个处理工艺方案中, 也各有所不同。如处理工艺方案 2 处理后的出水水质远好于排放标准, 这对于水资源紧缺的地方来说, 稍加深度处理后即可回用, 对于回用水水质要求不高的地方来说, 可直接回用(如绿化、浇马路等)。又如处理工艺方案 5 采用 CASS 反应器, 调试相对较麻烦、时间可能较长; 操作管理要严密妥当, 否则有可能产生污泥膨胀; 滗水器的下降速度要与水面的下降速度基本相同, 否则可能扰动已沉淀的污泥层等。同时从处理后的出水水质来看, 处理工艺方案 5 的出水 CODCr 常大于 100mg/L, BOD5 常大于 50mg/L, 比其它 4 个工艺方案差, 如果排放标准较高些, 则采用此工艺要慎重。

(5)处理工艺方案的比较, 在处理效果好, 达到国家规定的排放标准前提下还有投资、运行费用、管理操作, 占地面积等诸方面, 因因素很多, 情况复杂, 故无法进行全面、系统地论述。上述介绍与浅析仅供参考, 不妥之处, 欢迎指正。