



啤酒废水处理与利用

施云芬, 刘月华

(东北电力大学, 吉林 长春, 130012)

摘要:含高有机污染物啤酒废水的存在, 不仅导致环境污染, 而且还会减少啤酒生产原材料的利用率。分析了啤酒废水的来源、特点。阐述了啤酒废水处理各种处理技术和利用, 以便为进一步探讨效益资源型处理技术提供借鉴。

关键词:啤酒厂; 废水处理; 废水利用

中图分类号: TS262.5; TS261.9 **文献标识码:** B

随着人民生活水平的提高, 我国啤酒工业得到了长足发展, 其产量逐年上升。但是在啤酒产量大幅度提高的同时, 也向环境中排放了大量的有机废水。据统计, 每生产 1t 啤酒需要 8~40t 新鲜水, 相应地产生 7~35t 废水。2002 年排放的啤酒废水已达 2.7 亿 m^3 。由于这种废水含有较高浓度的蛋白质、脂肪、纤维、碳水化合物、废酵母、酒花残渣等有机无毒成分, 排入天然水体后将消耗水中的溶解氧, 既造成水体缺氧, 还能促使水底沉积化合物的厌氧分解, 产生臭气, 恶化水质^[1]。另外, 上述成分多来自啤酒生产原料, 弃之不用不仅造成资源的巨大浪费, 也降低了啤酒生产的原料利用率。如何既有效地处理啤酒废水又充分利用其中的有用资源, 已成为环境保护的一项重要研究内容。本文根据前人的研究结果综述了啤酒废水的处理和利用现状, 以便为进一步探讨效益资源型处理技术提供借鉴。

1 啤酒废水的产生与特点

啤酒废水主要来自麦芽车间(浸麦废水)、糖化车间(糖化、过滤洗涤废水)、发酵车间(发酵罐洗涤、过滤洗涤废水)、灌装车间(洗瓶、灭菌废水及瓶子破碎流出的啤酒)以及生产用冷却废水等。

啤酒生产废水中的主要污染物为糖类、醇类、多种维生素、酵母菌、纤维素、氨基酸、酒糟等有机物, 其 COD 和 SS 浓度均较高, 且各工序排出的废水水质有很大差异, 其中以糖化废水浓度最高, 虽然无毒, 但易于腐败, 排入水体要消耗大量的溶解氧, 对水体环境造成严重危害。啤酒废水的水质和水量在不同季节有一定差别, 处于高峰流量时的啤酒废水, 有机物含量也处于高峰。国内啤酒厂废水中: COD_{Cr} 含量为: 1000~2500mg/L, BOD₅ 含量为: 600~1500mg/L, 该废水具有较高的生物可降解性, 且含有一定量的凯氏氮和磷。

啤酒废水按有机物含量可分为 3 类: ①清洁废水如冷冻机冷却水、麦汁冷却水等。这类废水基本上未受污染。②清洗废水如漂洗酵母水、洗瓶水、生产装置清洗水等, 这类废水受到不同程度污染。③含渣废水如麦糟液、冷热凝固物, 剩余酵母等, 这类废水含有大量有机悬浮性固体。

啤酒废水经处理后一般需满足 GB8978-1996 的一级排放标准, 个别执行二级标准。

2 处理工艺选择依据

据统计, 啤酒工业废水如不经处理, 每生产 100t 啤酒所排放出的 BOD 值相当于 14000 人生活污水的 BOD 值, 悬浮固体 SS 值相当于 8000 人生活污水的 SS, 其污染程度是相当严重的, 所以要对啤酒废水进行一定的处理。

目前常根据 BOD₅/COD_{Cr} 比值来判断废水的可生化性, 即: 当 BOD₅/COD_{Cr}>0.3 时易生化处理, 当 BOD₅/COD_{Cr}>0.25 时可生化处理, 当 BOD₅/COD_{Cr}<0.25 难生化处理, 而啤酒废水的 BOD₅/COD_{Cr} 的比值 >0.3, 所以处理啤酒废水的方法多是采用好氧生物处理, 也可先采用厌氧处理, 降低污染负荷, 再用好氧生物处理。

3 啤酒废水处理工艺

3.1 好氧生物处理

好氧生物处理是在氧气充足的条件下, 利用好氧微生物的生命活动氧化啤酒废水中的有机物, 其产物是二氧化碳、水及能量(释放于水中)。活性污泥法、生物膜法、深井曝气法是较有代表性的好氧生物处理方法。

3.1.1 活性污泥法

活性污泥法是中、低浓度有机废水处理中使用最多、运行最可靠的方法, 具有投资省、处理效果好等优点。该处理工艺的主要部分是曝气池和沉淀池。废水进入曝气池后, 与活性污泥混合, 在人工充氧的条件下, 活性污泥吸附并氧化分解废水中的有机物, 而污泥和水的分离则由沉淀池来完成。我国的珠江啤酒厂、烟台啤酒厂、上海益民啤酒厂、武汉西湖啤酒厂、广州啤酒厂和长春啤酒厂等厂家均采用此法。据报道, 进水 COD_{Cr} 为 1200~1500mg/L 时, 出水 COD_{Cr} 可降至 50~100mg/L, 去除率为 92%~96%。

活性污泥法处理啤酒废水的缺点是动力消耗大, 处理中常出现污泥膨胀。污泥膨胀的原因是啤酒废水中碳水化合物含量过高, 而 N、P、Fe 等营养物质缺乏, 各营养成分比例失调, 导致微生物不能正常生长而死亡。解决的办法是投加含 N、P 的化学药剂, 但这将使处理成本提高。而较为经济的方法是把生活污水(其中 N、P 浓度较大)和啤酒废水混合。



间歇式活性污泥法(SBR)通过间歇曝气可以使动力耗费显著降低,同时,废水处理时间也短于普通活性污泥法。例如,珠江啤酒厂引进比利时 SBR 专利技术,废水处理时间仅需 19~20h,比普通活性污泥法缩短 10~11h,COD_{Cr} 的去除率也在 96%以上^[2]。扬州啤酒厂和三明市大田啤酒厂采用 SBR 技术处理啤酒废水,也收到了同样的效果。刘永淞等认为^[3],SBR 法对废水的稀释程度低,反应基质浓度高,吸附和反应速率都较大,因而能在较短时间内使污泥获得再生。

3.1.2 深井曝气法

为了提高曝气过程中氧的利用率,节省能耗,加拿大安大略省的巴利啤酒厂^[3],我国的上海啤酒厂和北京五星啤酒厂均采用深井曝气法(超深水曝气)处理啤酒废水。深井曝气实际上是以地下深井作为曝气池的活性污泥法,曝气池由下降管及上升管组成。将废水和污泥引入下降管,在井内循环,空气注入下降管或同时注入两管中,混合液则由上升管排至固液分离装置,即废水循环是靠上升管和下降管的静水压力差进行的。其优点是:占地面积少,效能高,对氧的利用率大,无恶臭产生等。据测定^[3],当进水 BOD₅ 浓度为 2400mg/L 时,出水浓度可降为 50mg/L,去除率高达 97.92%。当然,深井曝气也有不足之处,如施工难度大,造价高,防渗漏技术不过关等。

3.1.3 生物膜法

生物膜法是在处理池内加入软性填料,利用固着生长于填料表面的微生物对废水进行处理,不会出现污泥膨胀的问题。生物接触氧化池和生物转盘是这类方法的代表,在啤酒废水治理中均被采用,主要是降低啤酒废水中的 BOD₅。

生物接触氧化池是在微生物固着生长的同时,加以人工曝气。这种方法可以得到很高的生物固体浓度和较高的有机负荷,因此处理效率高,占地面积也小于活性污泥法。国内的淄博啤酒厂、青岛啤酒厂、渤海啤酒厂和徐州酿酒总厂等厂家的废水治理中采用了这种技术^[4]。青岛啤酒厂在二段生物接触氧化之后辅以混凝气浮处理,啤酒废水中 COD_{Cr} 和 BOD₅ 的去除率分别在 80% 和 90% 以上^[5]。在此基础上,山东省环科所改常压曝气为加压曝气(P=0.25~0.30MPa),目的在于强化氧的传质,有效提高废水中的溶解氧浓度,以满足中、高浓度废水中微生物和有机物氧化分解的需要。结果表明,当容积负荷 $\leq 13.33\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}\text{COD}$,停留时间为 3~4h 时,COD 和 BOD 平均去除率分别达到 93.52% 和 99.03%。由于停留时间缩短为原来的 1/3~1/4,运转费用也较低。

生物转盘是较早用以处理啤酒废水的方法。它主要由盘片、氧化槽、转动轴和驱动装置等部分组成,依靠盘片的转动来实现废水与盘上生物膜的接触和充氧。该法运转稳定,动力消耗少,但低温对运行影响大,在处理高浓度废水时需增加转盘组数。该方法在美国应用较为普及,国内的杭州啤酒厂、上海华光啤酒厂和浙江慈溪啤酒厂也在使用。

3.2 厌氧生物处理

厌氧生物处理适用于高浓度有机废水(COD_{Cr}>2000mg/L, BOD₅>1000mg/L)。它是在无氧条件下,靠厌氧细菌的作用分解有机物。在这一过程中,参加生物降解的有机基质有 50%~90% 转化为沼气(甲烷),而发酵后的剩余物又可作为优质肥料和饲料^[6]。因此,啤酒废水的厌氧生物处理受到了越

来越多的关注。

厌氧生物处理包括多种方法,但以升流式厌氧污泥床(UASB)技术在啤酒废水的治理方面最为成熟。UASB 的主要组成部分是反应器,其底部为絮凝和沉淀性能良好的厌氧污泥构成的污泥床,上部设置了一个专用的气-液-固分离系统(三相分离室)^[7]。废水从反应器底部加入,在向上流动穿过生物颗粒组成的污泥床时得到降解,同时生成沼气(气泡)。气、液、固(悬浮污泥颗粒)一同升入三相分离室,气体被收集在气罩里,而污泥颗粒受重力作用下沉至反应器底部,水则经出流堰排出。

实践证明,UASB 成功处理高浓度啤酒废水的关键是培养出沉降性能良好的厌氧颗粒污泥。颗粒污泥的形成是厌氧细菌群不断繁殖、积累的结果,较多的污泥负荷有利于细菌获得充足的营养基质,故对颗粒污泥的形成和发展具有决定性的促进作用,适当高的水力负荷将产生污泥的水力筛选,淘汰沉降性能差的絮体污泥而留下沉降性能好的污泥,同时产生剪切力,使污泥不断旋转,有利于丝状菌互相缠绕成球。此外,一定的进水碱度也是颗粒污泥形成的必要条件,因为厌氧生物的生长要求适当高的碱度,例如:产甲烷细菌生长的最适宜 pH 为 6.8~7.2。一定的碱度既能维持细菌生长所需的 pH,又能保证足够的平衡缓冲能力。由于啤酒废水的碱度一般为 500~800mg/L⁻¹(以 CaCO₃ 计),碱度不足,所以需投加工业碳酸钠或氧化钙加以补充。研究表明^[9],在 UASB 启动阶段,保持进水碱度不低于 1000mg/L⁻¹ 对于颗粒污泥的培养和反应器在高负荷下的良好运行十分必要。应该指出,啤酒废水中的乙醇是一种有效的颗粒化促进剂,它为 UASB 的成功运行提供了十分有利的条件。

总之,UASB 具有效能高、处理费用低、电耗省、投资少、占地面积小等一系列优点,完全适用于高浓度啤酒废水的治理。其不足之处是出水 COD_{Cr} 的浓度仍达 500mg/L 左右,需进行再处理或与好氧处理串联才能达标排放。

3.3 组合工艺

3.3.1 酸化-SBR 法处理啤酒废水

主要处理设备是酸化柱和 SBR 反应器。该方法在处理啤酒废水时,在厌氧反应中,放弃反应时间长、控制条件要求高的甲烷发酵阶段,将反应控制在酸化阶段,这样较之全过程的厌氧反应具有以下优点:

3.3.1.1 具有的优点

3.3.1.1.1 由于反应控制在水解、酸化阶段反应迅速,故水解池体积小;

3.3.1.1.2 不需要收集产生的沼气,构造简单,造价低,便于维护,易于放大。

3.3.1.1.3 对于污泥的降解功能完全和消化池一样,产生的剩余污泥量少。同时,经水解反应后溶解性 COD 比例大幅度增加,有利于微生物对基质的摄取,在微生物的代谢过程中减少了一个重要环节,这将加速有机物的降解,为后续生物处理创造更为有利的条件。

3.3.1.1.4 酸化-SBR 法处理高浓度啤酒废水效果比较理想,去除率均在 94% 以上,最高达 99% 以上。

3.3.1.2 该方法在处理啤酒废水达到理想的效果时运行环境



要达到下列要求:

3.3.1.2.1 酸化-SBR 法处理中高浓度啤酒废水,酸化至关重要,它具有两个方面的作用,其一是对废水的有机成分进行改性,提高废水的可生化性;其二是对有机物中易降解的污染物有不可忽视的去除作用。酸化效果的好坏直接影响 SBR 反应器的处理效果,有机物去除主要集中在 SBR 反应器中。

3.3.1.2.2 酸化-SBR 法处理啤酒废水受进水碱度和反应温度的影响,最佳温度 24℃,最佳碱度范围是 500~750mg/L。视原水水质情况,如碱度不足,采取预调碱度方法进行本工艺处理;若温度差别不大,运行参数可不作调整,若温度差别较大,视具体情况而定。

3.3.2 UASB-好氧接触氧化工艺处理啤酒废水

该工艺中主要处理设备是上流式厌氧污泥床和好氧接触氧化池,处理主要过程为:废水经转鼓过滤机,转鼓过滤机对 SS 的去除率达 10%以上,随着麦壳类有机物的去除,废水中的有机物浓度也有所降低。调节池既有调节水质、水量的作用,还由于废水在池中的停留时间较长而有沉淀和厌氧发酵作用。由于增加了厌氧处理单元,该工艺的处理效果非常好。上流式厌氧污泥床能耗低、运行稳定、出水水质好,有效地降低了好氧生化单元的处理负荷和运行能耗(因为好氧处理单元的能耗直接和处理负荷成正比)。好氧处理(包括好氧生物接触氧化池和斜板沉淀池)对废水中 SS 和 COD 均有较高的去除率,这是因为废水经过厌氧处理后仍含有许多易生物降解的有机物。

上流式厌氧污泥床和好氧接触氧化池相串联的啤酒废水处理工艺具有处理效率高、运行稳定、能耗低、易调试和易于每年的重新启动等特点。只要投加占厌氧池体积 1/3 的厌氧污泥菌种,就能够保证污泥菌种的平稳增长,经过 3 个月的调试 UASB 即可达到满负荷运行。

整个工艺对 COD 的去除率达 96.6%,对悬浮物的去除率达 97.3%~98%,该工艺非常适合在啤酒废水处理中推广应用。

3.3.3 新型接触氧化法处理啤酒废水

此方法处理过程为:废水首先通过微滤机去除大部分悬浮物,出水进入调节池,然后用提升泵打入 VTBR 反应器中进行生化处理,通过风机强制供风使废水与填料接触,维持生化反应的需氧量,VTBR 反应器出水进入沉淀器,去除一部分脱落的生物膜以减轻气浮设备的处理负荷,之后流入气浮设备去除剩余的生物膜,污泥及浮渣送往污泥池浓缩后脱水。

该处理工艺特点:①VTBR 反应器可由废旧酒精罐改造而成,节省了投资。与钢筋混凝土结构相比,具有一次性投资低、运行稳定、处理效果好等特点。

②冬季运行时,在 VTBR 反应器外部加一层保温材料,使罐中始终保持较高的温度,可提高生物的活性。

③因 VTBR 反应器高达 10m 左右,水深大,所选风机为高压风机,风压为 98kPa, N=75kw,耗电量大。

3.3.4 生物接触氧化法处理啤酒废水

该工艺采用水解酸化作为生物接触氧化的预处理,水解酸化菌通过新陈代谢将水中的固体物质水解为溶解性物质,将大分子有机物降解为小分子有机物。水解酸化不仅能去除部分有机污染物,而且提高了废水的可生化性,有益于后续的

好氧生物接触氧化处理。

该工艺在处理方法、工艺组合及参数选择上是比较合理的,充分利用各工序的优势将污染物质转化、去除。然而,如果由于某些构筑物的构造设计考虑不周会影响运行效果,致使出水水质不理想,使生物接触氧化池的出水(静沉 30min 的澄清液)COD 为 500~600mg/L,经混凝气浮处理后出水 COD 仍高达 300mg/L,远高于排放要求(150mg/L)。

3.3.4.1 此处理方法在设计和运行中会出现以下问题:

3.3.4.1.1 水解酸化池中沉淀污泥不能及时排除。由于该废水中悬浮物浓度较高,因而池内污泥产量很大,而原工艺仅在水解酸化池前端设计了污泥斗,所以池子的后部很快就淤满了污泥。另外,随着微生物量的增加在软性生物填料的中间部位形成了污泥团,使得传质面积减小。针对污泥淤积情况,在水解酸化池前可增设一级混凝气浮以去除水中的悬浮物,经此改进后水解酸化池能长期、稳定、有效地运行,其出水 COD 也从 1100~1200mg/L 降至 900~1000mg/L,收到了较好的效果。不过,增设混凝气浮增加了运行费用,而且气浮过程中溶入的 O₂ 还可能对水解酸化产生不利影响。因此,在设计采用水解酸化处理悬浮物浓度高的污水时,可增设污泥斗的数量以便及时排除沉淀污泥。此外,为防止填料表面形成污泥团应采用比表面积大、不结泥团的半软性填料。

3.3.4.1.2 如果废水中污染物浓度较高或前处理效果不理想,生物接触氧化池前端的有机物负荷较高,使得供氧相对不足,此时该处的生物膜呈灰白色,处于严重的缺氧状态,而池末端成熟的好氧生物膜呈琥珀黄色。同时,水中的生物活性抑制性物质浓度也较高,对微生物也有一定的抑制作用。这些因素使得生物接触氧化池没有发挥出应有的作用,处理效果不理想。鉴于此,可采取阶段曝气措施即多点进水,污水沿池长多点流入生物接触氧化池以均分负荷,消除前端缺氧及抑制性物质浓度较高的不利影响。改为多点进水并经过一段时间的稳定运行后,生物接触氧化池的出水(30min 的澄清液)COD 为 200~300mg/L。再经混凝气浮工序处理后最终出水 COD<150mg/L(一般在 130mg/L),达到了排放要求。

3.3.4.1.3 在调试运行过程中,生物接触氧化池生物膜脱落、气泡直径变大(曝气方式为微孔曝气)、出水浑浊、处理效果恶化的现象时有发生。经研究、分析、验证发现这是由于负荷波动或操作不当造成溶解氧不足而引起的。溶解氧不足使得生物膜由好氧状态转变为厌氧状态,其附着力下降,在空气气泡的搅动下生物膜大量脱落,导致水粘度增加、气泡直径增大、氧转移效率下降,这又进一步造成缺氧,如此形成恶性循环致使处理效果恶化。

3.3.4.1.4 在调试运行初期,发生这种现象时一般是增大供气量以提高供氧能力来消除缺氧,结果由于气泡搅动强度增大,造成了更大范围的生物膜脱落、水粘度更大、氧转移效率更低,非但没能提高供氧能力反而使情况更糟。正确的处理措施应是减小曝气量,待脱落的生物膜随水流流出后再逐渐增加曝气量使溶解氧浓度恢复到原有水平,若水温适宜则 2~3d 后生物膜就可恢复正常。

因此当采用此工艺处理啤酒废水时要遵循下列要求:①采用水解酸化作为预处理工序时应考虑悬浮物去除措施。②



采用推流式生物接触氧化池时,为避免前端有机物负荷过高可采用多点进水。③应严格控制溶解氧浓度,供氧不足会造成生物膜大范围脱落,导致运行失败。

3.3.5 内循环 UASB 反应器+氧化沟工艺处理啤酒废水

此工艺采用厌氧和好氧相串联的方式,厌氧采用内循环 UASB 技术,好氧处理采用氧化沟工艺。本处理工艺的关键设备是 UASB 反应器。该反应器是利用厌氧微生物降解废水中的有机物,其主体分为配水系统,反应区,气、液、固三相分离系统,沼气收集系统四个部分。厌氧微生物对水质的要求不象好氧微生物那么宽,最佳 pH 为 6.5~7.8,最佳温度为 35℃~40℃。

内循环 UASB 技术是在普通 UASB 技术的基础上增加一套内循环系统,它包括回流水池及回流水泵。UASB 反应器的出水水质一般都比较稳定,在回流系统的作用下重新回到配水系统。这样一来能提高 UASB 反应器对进水水温、pH 和 COD 浓度的适应能力,只需在 UASB 反应器进水前对其 pH 和温度做一粗调即可。

此处理工艺主要有以下特点:①实践证明,采用内循环 UASB 反应器+氧化沟工艺处理啤酒废水是可行的,其运行结果表明 COD_{Cr} 总去除率高达 95% 以上。②由于采用的是内循环 UASB 反应器和氧化沟工艺串联组合的方式,可根据啤酒生产的季节性、水质和水量的情况调整 UASB 反应器或氧化沟处理运行组合,以便进一步降低运行费用。

3.3.6 UASB+SBR 法处理啤酒废水

本处理工艺主要包括 UASB 反应器和 SBR 反应器。将 UASB 和 SBR 两种处理单元进行组合,所形成的处理工艺突出了各自处理单元的优点,使处理流程简洁,节省了运行费用,而把 UASB 作为整个废水达标排放的一个预处理单元,在降低废水浓度的同时,可回收所产沼气作为能源利用。同时,由于大幅度减少了进入好氧处理阶段的有机物量,因此降低了好氧处理阶段的曝气能耗和剩余污泥产量,从而使整个废水处理过程的费用大幅度减少。

UASB+SBR 法处理工艺与水解酸化+SBR 处理工艺相比有以下优点:①节约废水处理费用。UASB 取代原水解酸化池作为整个废水达标排放的一个预处理单元,削减了全部进水 COD 的 75%,从而降低后续 SBR 池的处理负荷,使 SBR 池在废水处理量增加的情况下,运行周期同样为 12h,废水也能达标排放。也就是说,耗电量并没有随废水处理量的增加而增加。同原工艺相比较,每天实际节约 1500~2500m³ 废水的处理费用,节约能耗约 21.4 万元/年。②节约污泥处理费用。废

水经过 UASB 处理后,75% 的有机物被去除,使 SBR 处理负荷大大降低,产泥量相应减少。水解酸化+SBR 处理工艺产泥量达 17t/d(产泥率为 0.3 kg 污泥/kgCOD,污泥含水率为 80%),UASB+SBR 法处理工艺产泥量只有 5t/d(含水率为 80%)左右,只有水解酸化+SBR 处理工艺的 1/3,污泥处理费用大大减少,节约污泥处理费用约为 20 万元/年。

4 啤酒废水的利用技术

利用自然生态良性循环的方法净化和利用啤酒废水,也是目前啤酒废水综合治理的一个方向,有利于实现废物的资源化。

4.1 啤酒废水土地利用

废水的土地利用在国内外都有悠久的历史。其目的不单纯是废水农田灌溉,而是根据生态学原理,在充分利用水资源的同时,科学地运用土壤-植物系统的净化功能,使该系统起到废水的二、三级处理作用。废水的土地利用一般有快速渗透和地表漫流两种方法。前者的特点是加入的废水大部分都经过土壤渗透到下层,因而仅限于在砂及砂质粘土之类的快渗土壤上使用,植物对废水的净化作用较小,主要是由土壤中发生的物理、化学和生物学过程使废水得到处理。后者是一种固定膜生物处理法,废水从生长植物的坡地上游沿沟渠流下,流经植被表面后排入径流集水渠。废水净化主要是通过坡地上的生物膜完成的。这种方法对于渗透较慢的土壤最为适用。根据谢家恕^[10]、萧月芳等^[11]的研究,啤酒废水经过土地利用系统后,水质明显改善,能够达到农田灌溉水质标准(GB 5084-85)的要求;同时又可节省水源,增加农田土壤的有机质含量,提高农作物产量。其经济效益在干旱地区更能得到体现。

当然,啤酒废水的土地利用也存在一定的问题:①处理过程中会产生臭味,必须将处理场地设在远离居住区的地方,这样需要较长的输水干管;②废水的含盐量过高时,将危害植物生长,并造成土壤排水、通气不良。如何避免这些问题发生,需要进一步研究。

4.2 啤酒废水的植物净化

啤酒废水中有机碳含量丰富,氮、磷的含量也有一定水平,可以为植物生长提供必要的营养物质。近年来,一些学者利用啤酒废水对普通丝瓜(Luffa cylindrica)^[12]、多花黑麦草(Lolium multiflorum)^[13]、水雍菜(Ipomoea aquatica)^[14]、金针菜(Hemerocallis fulva)^[15]等植物进行水培试验,发现这些植物长势良好并能完成其生活史,既创造了经济效益,同时又显著降低了废水中多种污染物(COD 除外)的浓度(见表 2)。这为啤酒废水的资源化处理开拓了一条新思路。据报道,目前,无锡

表 2

水培植物对啤酒废水的净化能力

植 物	废水中污染物去除率 /%				
	COD	T-N	T-P	NH ⁴⁺ -N	浊度
普通丝瓜 1)	22.5 ~ 44.1	78.6 ~ 89.1	78.0 ~ 90.4	99.2 ~ 99.6	
多花黑麦草 1)	11.5 ~ 34.5	12.9 ~ 54.1	36.5 ~ 82.2	16.3 ~ 69.7	55.8~92.5
水雍菜 2)	47.7 ~ 75.1	84.9 ~ 94.6	78.7 ~ 96.5	95.5 ~ 98.8	
金针菜 3)	39.60	90.60	65.41	99.34	81.28

注:1)处理时间为 24~120h;2)处理时间为 24~48h;3)处理时间为 72h



市酿酒总厂已在氧化塘中种植丝瓜以强化处理系统的净化效果。

水培植物对废水中 COD 的去除率不高,主要是因为废水中碳的含量大大高于 N、P,而植物是按照一定的碳、氮、磷比例来摄取营养物质的。从这一点来看,水培植物用于生物处理后出水(含碳量已大为降低)的深度净化更为合理。

5 结 语

5.1 啤酒废水是一种中、高浓度的有机废水,随着啤酒工业的不断发展,其产生量也将持续上升。为了避免纳污水体的水质恶化,除了实行清、污分流,提高冷却水的循环利用率以降低排放量外,还必须对其进行有效处理。

5.2 好氧生物处理、厌氧生物处理、土地利用和植物净化等方法常见的啤酒废水治理方法。好氧生物处理对于低浓度废水有较高的 COD 去除率(>90%),但是需要大量的投资和场地,能耗较高,受外界环境(温度等)影响较大;厌氧生物处理对于高浓度废水有较高的 COD_{Cr} 去除率,它克服了好氧生物处理的大多数缺点,还能进行生物质能转化,大幅度降低处理成本,因而为越来越多的厂家所采用,其最大缺陷是出水 COD_{Cr} 的浓度仍然很高,难以达到《污水综合排放标准》的要求。土地利用系统虽然能够改善废水的水质,节约水源,增加土壤有机质含量,但是占地面积大,易产生臭味,还可能引起土壤盐碱化。用植物净化啤酒废水,可以有效去除其中的氮、磷和浊度,并可获得一定的经济效益,但是对 COD_{Cr} 的去除率却不高。

5.3 要得到理想的处理结果,实现啤酒废水治理的环境效益和经济效益的统一,必须将两种或三种技术结合使用,这是解决啤酒废水污染问题的根本出路。例如,把厌氧和好氧处理池串联使用,依靠前者把废水的高负荷降低,再以后者把低浓度废水处理达标,其动力消耗则可由前一过程的质能转化予以补偿。又如,把生物处理与土地利用结合起来,既能有效净化废水,还能起到互补作用,产生更高的经济效益。

另外,在如下几个方面还须作进一步研究:(1)啤酒工业实施清洁生产工艺的可行性及其综合效益分析;(2)多种处理

技术串联使用时,其结合点上啤酒废水的最适浓度;(3)厌氧和好氧微生物种类在一个处理单元内共同作用于啤酒废水的可能性及相关的处理技术;(4)啤酒废水的土地利用技术对土壤理化性质的各种可能影响。

【参考文献】

- [1]张森林等.酸化-序列活性污泥法处理 TMP 生产废水[J].给排水,1995,(8):20-21.
- [2]刘永淦.间歇活性污泥法处理啤酒废水试验研究[J].中国给排水,1989,5(3):18-20
- [3]Oswald W J. Advances in Water Quality Improvement. USA,Austin: University of Texas Press,1988.132
- [4]李家瑞,翁飞,朱宝珂.工业企业环境保护[M].北京:冶金工业出版社,1992.160-166
- [5]周焕祥.啤酒废水处理技术的现状及发展趋势[J].工业水处理,1993,3(3):8-10
- [6]周陈钢.加压生物接触氧化法处理啤酒废水的研究[J].环境污染与防治,1993(3):16-18
- [7]申立贤.高浓度有机废水厌氧处理技术[M].北京:中国环境科学出版社.1992.68-70
- [8]吴允.啤酒生产废水处理新技术——内循环反应器.环境保护[J],1997(9):18-19
- [9]严月根,胡纪萃.食品工业废物综合治理对策.城市环境与城市生态,1989,2(2):38-43
- [10]谢家恕.商丘啤酒厂污水土地处理与利用.农业环境与发展,1997,14(1):28-32
- [11]萧月芳,卢兵友,李光德,等.啤酒废水对土壤性质的影响.农业环境保护,1997,16(4):149-152
- [12]戴全裕,张珩,戴玉兰,等.丝瓜对食品废水的净化功能及经济效益[J].城市环境与城市生态,1994,7(4):8-12
- [13]戴全裕,陈钊.多花黑麦草对啤酒废水净化功能的研究[J].应用生态学报,1993,4(3):334-337
- [14]戴全裕,蒋兴昌,张珩,等.水雍菜对啤酒及饮食废水净化与资源化研究[J].环境科学学报,1996,16(2):249-251
- [15]陈钊,周仕萍,陈忠全,等.水生金针菜对啤酒及饮食废水的净化[J].城市环境与城市生态,1993,6(2):15-19

Treatment and Utilization of Brewery Wastewater

SHI Yun-fen, LIU Yue-hua

(Northeast Chian Institute of Electric Power University Changchun 130012, Jilin, China)

Abstract: Being a liquid containing high organic pollutants, brewery wastewater may not only lead to environmental pollution, but also decrease the utilization ratio of raw material used in beer production. This paper makes a comparison among various new techniques on the basis of analyzing the sources and characteristics of brewery wastewater. Thus, several proposals are put forward for future research.

Key words: brewery, wastewater treatment, wastewater utilization

本刊 2006 年《酿酒》杂志合订本将在明年 1 月份出版,有需要者请汇款至本刊编辑部。每本 90 元(含邮费)。