

# 啤酒废水循环利用的水处理方法

施星亮, 赵岳阳

(杭州市萧山区环境保护局 浙江杭州 311201)

**摘要:**啤酒酿造过程常常会产生大量的废水和固体废物,为了达到政府规定的排放标准,这些废水和固体废料需用最经济和最安全的方法处理后才能排放。初步估计,酿造1升啤酒需用10升水,这些水主要用于酿造、水洗和冷却过程。如此大量的用水须安全处理后进行循环利用,但循环利用废水对于大多数啤酒企业来说费用高昂,因此啤酒企业寻求可以在酿酒过程中减少水用量或者降低成本循环利用啤酒废水的方法。本文简单介绍了当前啤酒废水循环利用的处理方法,其中也包括了一些可能的潜在的应用方法。

**关键词:**啤酒废水;生物需氧量;预处理;处理;循环使用

**中图分类号:**X703      **文献标识码:**A      **文章编号:**1006-8759(2013)02-0036-03

## THE TREATMENT OF BREWERY WASTEWATER FOR REUSE

SHI Xing-liang, ZHAO Yue-yang

(*Environment Protection Bureau of Xiaoshan District, Hangzhou, Hangzhou, Zhejiang, 311201, China*)

**Abstract:** The beer brewing process often generates large amounts of wastewater effluent and solid wastes that must be treated in the least costly and safest way so as to meet the strict discharge regulations that are set by government entities. It is widely estimated that for every one liter of beer that is brewed, close to ten liters of water is used; mostly for the brewing, rinsing, and cooling processes. Thereafter, this water must be safely treated for reuse, which is often costly for most breweries. As a result, many brewers are today searching for: (1) ways to cut down on this water usage during the beer brewing process, and/or (2) means to cost-effectively and safely treat the brewery wastewater for reuse. This paper provides a review assessment of the current status of the brewery wastewater treatment processes including potential applications for reuse.

**Keywords:** Brewery wastewater; Biological oxygen demand; Pretreatment; Treatment; Reuse

啤酒是除了茶、碳酸饮料、牛奶和咖啡之外全球消费最多的第五种饮料。啤酒的酿造主要包括酿造和成品包装两步。这些步骤中产生的副产物与污水混合后会带来严重的污染问题。此外,罐、瓶子、机器和地面的清洗也会产生大量污水。初步

估计生产1L啤酒会产生3~10L污水;换句话说,啤酒酿造过程消耗大量水资源。

啤酒厂污水的处理主要有以下几种方式:(1)直接进入水道(海洋、河流、小溪或湖泊);(2)直接进入城市污水管;(3)污水经预处理后排入水道或城市污水管;(4)排入啤酒厂自己的污水处理系统。因污水中含有大量有机化合物,所以未经处理或部分处理的啤酒废水进入水体会构成严重的污

收稿日期:2012-11-08

第一作者简介:施星亮(1985-),男,浙江杭州,助理工程师,主要从事环境监察工作。

染问题,比如含有高有机质含量的废水排入河流中,河流中的细菌消耗氧气来氧化这些有机物质,从而使氧气消耗速度远远大于空气中的氧溶于水的速度,这样可能导致河流中需要氧气维持生命的动植物将会死去。随着法规越来越严格以及用水成本的增加,水的循环利用越来越受到关注。

## 1 传统的啤酒废水预处理方法

啤酒废水中含有很多高化学需氧量(COD)的有机组分(比如糖、可溶性淀粉、乙醇、挥发性脂肪酸等等)<sup>[1]</sup>。一般情况下啤酒废水温度在 25℃~38℃,偶尔温度会更高。由于清洗和消毒过程中使用的化学品数量和类型(比如苛性钠、磷酸、硝酸等等)的影响使废水中的 pH 一般在 2~12<sup>[1]</sup>。为了确保没有任何有害微生物进入啤酒中需要使用消毒剂(比如氯化物)。如前所述啤酒废水的物理性质变化很大,因此大多数啤酒废水需进行预处理。预处理工艺主要包括物理、化学和生物的方法,或者是这些方法的结合。

### 1.1 物理方法

一级处理中一般用到的是物理处理方法。物理方法去除的是粗大固体物而不是溶解污染物。物理处理是一个被动过程,比如沉降是使悬浮污染物自然的沉淀下来或浮到顶部。一般来说,这些方法成效甚微。

### 1.2 化学方法

不同化合物加入到废水中以改变啤酒废水的性质。化学预处理包括调节 pH、混凝、絮凝。废水的酸碱度会对污水处理和环境造成影响。为了保护生物,废水的 pH 需要保持在 6 到 9 之间。废 CO<sub>2</sub> 可用于中和腐蚀性废水。在进入厌氧反应器之前,为了降低碱性废水的 pH,废 CO<sub>2</sub> 是一种便宜的酸化剂可替代传统的酸的使用<sup>[2]</sup>。传统酸形成的硫酸盐和氯化物受到法规的排放限制,它们加大了污水处理费用,因此用硫酸和盐酸来中和废水是不推荐的。

混凝和絮凝是常用于去除废水中胶体物质和颜色的物理过程。在水和废水处理中,混凝是通过凝结剂使颗粒不稳定,因布朗运动而使颗粒形成了小团聚体。在随后的絮凝过程中,小的团聚体形成了更大的聚集体。在小颗粒形成大的聚集体后,胶体物质通过物理分离的方法(沉降、浮选、过滤)便可更轻易的去除。

### 1.3 生物方法

在废水处理过程中,生物处理过程发挥了重要作用。生物处理是基于微生物的活性把废水中可生物降解的有机污染物进行转换的过程。事实上啤酒厂常常使用生物处理法来处理废水中含有高有机质含量的化学污染物和微生物污染物。啤酒厂废水需先经过物理和化学预处理后才能再进行生物处理。相比于物理和化学方法,生物方法有三个优点<sup>[3]</sup>:(1)处理技术成熟;(2)高效率的移除 COD 和 BOD(80%~90%);(3)低成本。尽管生物处理是一种有效的处理技术,但它具有高能耗的缺点。废水生物处理可以是好氧也可以是厌氧。一般处理啤酒废水选择好氧处理,但厌氧处理也越来越受到关注。

## 2 啤酒废水循环利用的水处理方法

从生物预处理中排出的废水可进一步处理使废水能循环利用。以下将简单介绍可用于啤酒废水循环利用的几种方法。

### 2.1 膜过滤

过滤技术是饮用水和废水处理技术中不可或缺的重要方法<sup>[4]</sup>。依据膜的有效孔径可移除比孔径大的杂质,根据孔径的尺寸可分为:微滤、超滤、纳滤。

膜过滤主要有两种形式:终端膜过滤和交叉流膜过滤。对于终端膜过滤,料液垂直于膜表面流动以至于杂质堆积太多使料液难以穿过膜过滤器。交叉流膜过滤,又称错流膜过滤,料液平行于膜表面流动,并有高剪切力使膜面不断更新。

为了去除废水中的有机盐,反渗透是通常选择的方法。反渗透可能是液/液分离中最严格的膜处理工艺,因此对于任何压力来驱动膜过程时反渗透都会得到更高质量的水<sup>[5]</sup>。事实上反渗透已广泛用于化学制品、纺织品、石油化学品、电化学、纸浆和造纸、食品工业以及城市污水等的污水处理中。

总之,反渗透有不污染环境、简单易操作、占地面积小等优点,因此对于酿造业废水处理来说反渗透是首选的方法。此外,反渗透还无需加入再生化学品,也就是说不需要加入额外的盐来中和废水。

### 2.2 膜生物反应器

膜生物反应器(MBR)结合了膜过滤和使用活

性污泥的生物处理法两种成熟技术。与其他膜分离过程类似,膜污染是影响 MBR 系统性能最严重的问题,因此膜需要经常清洗。膜污染可分为可逆和不可逆污染两种。膜材料和活性污泥液的相互作用生成大量生物絮体而造成膜污染。可通过以下两种方法来控制膜污染:(1) 定期空气冲刷、反冲洗和化学清洗;(2)加入吸附剂以及在预处理中进行絮凝操作。最近一项研究表明,直接在生物反应器中加入凝固剂能减轻膜污染<sup>[6]</sup>。把絮凝整合到 MBR 中的工艺被称为膜絮凝生物反应器。事实上发展膜过滤最重要的趋势是整合不同预处理工艺从而改善低压膜的性能。

### 2.3 厌氧/好氧组合处理

在啤酒厂废水处理中厌氧、好氧常常被结合起来使用。首先在厌氧反应器中大部分 COD(70-80%)在一个小的表面区域内转化为沼气;接着在一个好氧/厌氧后处理中,98%的 COD 和营养素被除去。厌氧/好氧处理法的一个重要优势是减少了生物污泥的产生、显著降低了空间要求。

### 2.4 电化学方法

电化学方法能部分或完全分解有机底物,它是一种可用于降解难降解的有机污染物非常适当的方法。Vijayaraghavan 等研究者<sup>[7]</sup>基于次氯酸的生成开发了一种新的啤酒废水处理方法。在电解反应器中以石墨为阳极而不锈钢板为阴极生成了次氯酸,起初在电解过程中阳极产生氯气而阴极产生氢气,又因阳极和阴极均放置在一个不可分割的电解反应器中,生成的氯气经过歧化反应生成了次氯酸。生成的次氯酸作为氧化剂可破坏啤酒废水中的有机物,将进料水中的 COD 由 2470 mg L<sup>-1</sup>降低到 64 mg L<sup>-1</sup>(减少了 97%)。

### 2.5 微生物燃料电池

最近,从啤酒废水中利用其含有的有机物质发电的同时也处理了该废水<sup>[8]</sup>的技术正在兴起。此装置可在处理废水的同时发电,这样的装置被称为微生物燃料电池(MFC)。MFC 是一个复合系统,综合了厌氧和好氧的特性。MFC 设计原理为:将溶液阳极附近细菌进行厌氧处理而把阴极暴露在空气中形成电池。细菌氧化有机物释放的电子通过外部电路转移到阴极,然后再与氧气结合形

成水。

除了以上 5 种方法外,还有其他方法比如使用碳纳米管<sup>[9]</sup>、碳吸附等等均是潜在的啤酒废水循环利用的处理方法。

## 3 总结

现今随着工业、农业、生活用水需求的急剧增加导致某些地区水资源严重短缺,同时人类的活使原水受到污染,工业化和城市化也加剧了水体污染,使得废水的回收和利用越来越重要。如果能有效处理和回收,废水将可代替新鲜水从而大大降低成本。随着世界人口的不断增加和人们对环境要求的日益严格,水的成本势必会越来越高,因此找到合适的方法实现啤酒废水的有效处理并循环利用,对于啤酒行业来说意义重大。

## 参考文献

- [1] T. Goldammer, *The Brewers' Handbook*, 2nd edition Apex Publishers, Clifton, 2008.
- [2] A.G. Rao, T.S.K. Reddy, S.S. Prakash, J. Vanajakshi, J. Joseph, P.N. Sarma, pH regulation of alkaline wastewater with carbon dioxide: a case study of treatment of brewery wastewater in UASB reactor coupled with absorber, *Bioresource Technology* 98 (2007) 2131-2136.
- [3] H. Dai, X. Yang, T. Dong, Y. Ke, T. Wang, Engineering application of MBR process to the treatment of beer brewing wastewater, *Modern Applied Science* 4 (9) (2010) 103-109.
- [4] V.K. Gupta, Suhas, Application of low-cost adsorbents for dye removal—a review, *Journal of Environmental Management* 90 (8) (2009) 2313-2342.
- [5] M. Seneviratne, *A Practical Approach to Water Conservation for Commercial and Industrial Facilities*, Elsevier, Oxford, 2007.
- [6] J. Tian, H. Liang, X. Li, S. You, S. Tian, G. Li, Membrane coagulation bioreactor (MBCBR) for drinking water treatment, *Water Research* 42 (2008) 3910-3920.
- [7] C. Barrera-Díaz, I. Linares-Hernández, G. Roa-Morales, B. Bilyeu, P. Balderas-Hernández, Removal of biorefractory compounds in industrial wastewater by chemical and electrochemical pretreatments, *Industrial and Engineering Chemistry Research* 48 (2009) 1253-1258.
- [8] X. Wang, Y.J. Feng, H. Lee, Electricity production from beer brewery wastewater using single chamber microbial cell, *Water Science and Technology* 57 (7) (2008) 1117-1121.
- [9] M. Monthieux, V.L. Kuznetsov, Who should be given the credit for the discovery of carbon nanotubes *Carbon* 44 (2006) 1621-1623.