

啤酒酿造阶段生命周期清单分析*

任 辉,曹利江,秦凤贤,赵慧娟

(吉林大学生物与农业工程学院,吉林 长春 130022)

摘 要: 生命周期评价(LCA)可对产品生命周期各个阶段能量和物质利用以及废物排放进行分析,啤酒生命周期一般包括啤酒酿造、副产品处理、运输销售、回收处理等单元。清单分析包括原材料消耗、能源消耗和环境排放结果分析,环境排放又包括废水排放和废弃物排放。(孙悟)

关键词: 啤酒酿造; 生命周期评价; LCA; 清单分析

中图分类号:TS262.5;TS261.4 文献标识码:B 文章编号:1001-9286(2005)09-0052-03

List Analysis of Life Cycle in Beer Brewing

REN Hui, CAO Li-jiang, QIN Feng-xian and ZHAO Hui-juan.

(Biology & Agricultural Engineering College of Jilin University, Changchun, Jilin 130022, China)

Abstract: Life Cycle Assessment (LCA) referred to the assessment and analysis of energy and materials utilization and waste materials discharge in each stage of product life cycle. Beer LCA usually covered beer brewing, by-product processing, transportation and marketing, and recovery processing etc. List analysis included the analysis of raw materials consumption, the analysis of energy consumption and the analysis of environmental discharge (including wastewater discharge and waste discharge) (Tran. by YUE Yang)

Key words: beer brewing; life cycle assessment; LCA; list analysis

2002 年,我国啤酒以 2386.83 万吨的产量超过了美国的 2200 多万吨,居世界第一。2003 年国内啤酒消费量达到 2500 万吨,成为世界上最大的啤酒消费市场^[1]。2004 年我国啤酒产量达 2910.5 万吨,继续保持“世界啤酒第一产销大国”的地位。但同时,我国啤酒生产又面临着很多现实的困难,能源、水资源消耗居高不下,环境污染问题得不到有效解决。当前我国各行业都在追求可持续发展道路,啤酒行业也迫切需要一种切实可行的途径,来实现“低耗、高产、少排放”的生产目标。

生命周期评价(LCA)是目前非常有效的环境管理工具,已广泛应用于很多工业产品。它通过对产品生命周期各个阶段能量和物质利用以及废物排放对环境的影响分析,寻求改善环境影响的机会以及如何利用这种机会^[2]。LCA 各步骤中以清单分析最为重要,它是整个 LCA 的基础,也是工作量最大的部分^[3]。啤酒酿造过程复杂、工艺链长、所需设备多,物耗、能耗大,环境污染严重。本文旨在利用 LCA 的方法,对啤酒酿造进行清单分析,为啤酒企业改进生产工艺、进行清洁生产提供必要的数据库支持。

基金项目:吉林省科技发展计划资助项目(20040544-1),吉林大学创新基金资助项目。

收稿日期:2005-05-30

作者简介:任辉(1963-),男,副教授,从事农产品和食品 LCA 研究。

1 研究对象和系统边界确定

啤酒品种繁多,资源、能源消耗不一,不同企业间的生产水平也有很大差异。本文选取长春地区某 11 度普通啤酒为研究对象,功能单位为 1 kL 啤酒。

根据我国啤酒行业划分特点,一般啤酒厂都不自行进行原辅料种植、麦芽制备,所以啤酒生命周期一般包括啤酒酿造、副产品处理、运输销售、回收处理等单元。而从啤酒生产工艺及该啤酒厂实际生产布局,啤酒酿造和灌装实际上可看成两个独立系统,本文只对啤酒酿造过程进行 LCA 清单分析,系统边界见图 1。

2 清单分析及解释

2.1 原材料消耗分析

生产啤酒的主要原料为麦芽,辅助原料为淀粉质谷物(大米、玉米、小麦)和酒花。使用其他代用品或添加剂时,应对人体健康没有任何损害,并在生长和生产过程中对生态环境没有负面影响。

近几年来,我国啤酒行业市场竞争愈演愈烈,各啤酒生产厂家加大技术工艺改造,降低消耗,以此来降低

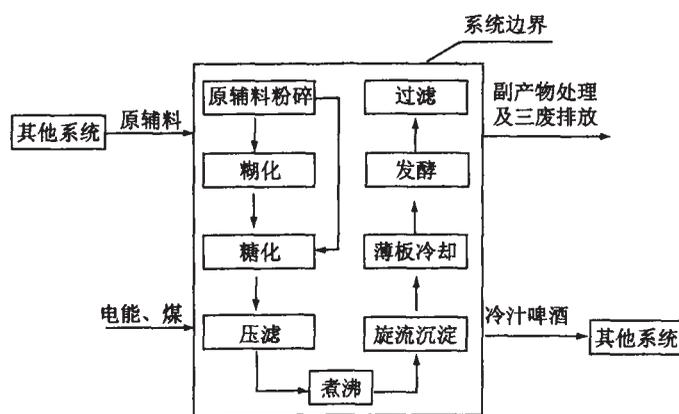


图1 啤酒酿造生命周期评价系统边界

成本,赢得市场的一席之地。表1为银瀑啤酒厂每1 kL冷汁啤酒所消耗的原材料。

表1 银瀑啤酒厂每1 kL冷汁啤酒所消耗的原材料

| 原材料 | 消耗量 | 原材料 | 消耗量 |
|-----------------------|------|---------|-------|
| 水(t) | 6.87 | 石膏(g) | 25.5 |
| 大米(kg) | 64.9 | 磷酸(mL) | 63.7 |
| 麦芽(kg) | 89.4 | 酒花(g) | 345.6 |
| 蛋白酶(g) | 12.7 | 酿造火碱(g) | 0.41 |
| 复合酶(g) | 15.3 | 过滤纸板(张) | 0.006 |
| CaCl ₂ (g) | 38.2 | 硅藻土(kg) | 1.07 |

注:表1中的啤酒为进入灌装车间的冷汁啤酒,数据采集计算已考虑了啤酒的酿造酒损。

由表1可知,该厂酿造阶段消耗最多的是水,每1 kL冷汁啤酒耗水6.87 t;其次为耗粮154.3 kg。从目前水平看,该指标已达到国际清洁生产先进水平;其他原料消耗,如酒花、各种酶类等,应以不产生不利于人体健康的有害物质为前提。国内不少厂家为提高啤酒的稳定性,在酿造时加入甲醛,现已被国家明令禁止^[4]。有些物质尽管添加剂量不大,但长期使用会诱发一些疾病。因此,企业在生产时,务必参照国家相关规定,对一些尚未公认的食品添加剂也应慎重考虑。

2.2 能源消耗分析

在同类行业中,啤酒行业一直是耗能大户。目前,我国经济发展正遭遇空前的能源危机,巨大的能源消耗也给啤酒企业带来了很大的压力。啤酒酿造过程设备多,如何对各电机容量进行准确匹配,是企业降低能源消耗的有效方法。银瀑啤酒厂酿造阶段各工段电机容量分布见表2。

表2 银瀑啤酒酿造阶段电机容量分布

| 电机容量(kW) | 数量 |
|----------|----|
| ≥10 | 30 |
| 1.0~10 | 35 |
| ≤1.0 | 8 |

由表2可看出,酿造阶段功率≥10 kW的电机占了41%,而小功率电机仅仅占11%。因此,根据企业生产

规模及技术工艺要求,对相应电机,特别是对大功率电机进行合理配备,十分有利于企业降低电力消耗。

同时,啤酒酿造需要消耗大量蒸汽,主要用于糊化、糖化、煮沸、CIP清洗及酿造用热水。一般国内啤酒企业都有独立的锅炉房进行蒸汽生产,但是煤炭能源的利用率相对较低。银瀑啤酒厂每1 kL冷汁啤酒耗能见表3。

表3 1 kL冷汁啤酒的耗能 (kW·h)

| 能源 | 该啤酒厂水平 | 清洁生产水平 | | |
|------------|--------|--------|------|------|
| | | 一级 | 二级 | 三级 |
| 耗电量 | 86.5 | ≤80 | ≤105 | ≤120 |
| 耗标煤量 | 120.2 | ≤80 | ≤110 | ≤140 |
| 总计(折合标准煤计) | 154.6 | ≤110 | ≤140 | ≤185 |

注:一级代表国际清洁生产先进水平,二级代表国内清洁生产先进水平,三级代表国内清洁生产基本水平。

银瀑啤酒地处东北地区,冬天气候寒冷,蒸汽消耗量较其他地区稍多,且由于所处区煤炭资源相对比较丰富,吨煤价格也相对比较便宜,在相应的技术改造方面并不能真正得到重视,1 kL冷汁啤酒耗煤量仅仅处于国内基本水平。其实在降低煤炭消耗方面,银瀑啤酒厂还是有很大的潜力可以挖掘。

一般啤酒厂(若不自行进行油气发电)石油消耗量很少,但是作为LCA清单分析数据的完整性,应进行记录,如原材料运输等。但根据银瀑啤酒厂生产实际情况及相关厂区布局,耗油量基本可以忽略,因此本研究不再对其进行数据采集。

2.3 环境排放结果分析

啤酒酿造阶段环境排放主要是废水及相关生产产生的废弃物。

2.3.1 废水排放清单

啤酒酿造对环境影响最大的是废水排放,一般从啤酒厂酿造车间排放出来的废水有机物含量高,含有大量残余麦汁、废酒花、冷热凝固物、废酵母等,无机物主要是清洗用碱或酸。酿造各工序段排放废水的主要水质指标见表4。

表4 酿造各工序排放废水的水质指标

| 工序 | 排水量(m ³ /kL) | SS(mg/kL) | BOD ₅ (mg/kL) | COD(mg/kL) |
|-------|-------------------------|-----------|--------------------------|------------|
| 热麦汁制备 | 2.3 | 1.7 | 0.36 | 0.24 |
| 发酵 | 2.6 | 3.4 | 0.62 | 0.79 |
| 过滤 | 0.9 | 0.4 | 0.09 | 0.07 |
| 总计 | 5.8 | 5.5 | 1.07 | 1.10 |

酿造废水主要来自于车间清洗,尽管很多企业有CIP清洗系统,但真正按照规定程序来进行操作的不多。我国CIP清洗设备的精度及效果还无法达到企业生产要求,而国外相应的设备价格高,而且对操作人员须

进行严格的培训,导致一般企业无法承受。只能采取传统的清洗方法,这样既耗费大量的水,而且清洗效果也仅仅能满足一般生产,大型设备的清洗已经是我国啤酒厂提高啤酒质量的一个关键问题。

2.3.2 废弃物排放

啤酒酿造产生大量麦糟、废酵母泥、硅藻土,同时发酵时排放大量 CO₂。一般规模的啤酒企业均配备相应的车间对其进行回收处理,有效地降低了生产成本。若进行完整的啤酒 LCA 时,则涉及到对相关参数进行合理的数据分配^[5]。主要废弃物排放量见表 5。

表 5 酿造车间 1 kL 冷汁排放废弃物

| 排放物 | 排放量 |
|------------------------|-----------|
| 麦糟(kg/kL) | 178(回收) |
| 废酵母(g/kL) | 0.4(回收) |
| CO ₂ (g/kL) | 0.471(回收) |
| 硅藻土(kg/kL) | 1.095 |

值得一提的是,目前银瀑啤酒厂对废硅藻土的处理只是进行收集,然后运至垃圾回收站集中处理。按 1 kL 冷汁啤酒消耗 1.07 kg 硅藻土计,根据每年实际生产量,该厂每年消耗硅藻土 200 t 左右,同时由于废硅藻土含部分麦汁及废酵母,对环境也造成很大影响。国内有一些研究者尝试对其进行回收,如进行多级旋流洗涤,去除废硅藻土内残留的有机物质,同时添加一些新土,使其再次达到过滤要求,但是效果还有待进一步研究^[6]。

3 讨论

从资源消耗清单分析看,水资源的利用和国内外同行业消耗相比较,还有很大的改进空间(国外 1 kL 啤酒酿造阶段平均耗水为 5 t 左右),原因主要是设备清洗不合理。从能源消耗角度看,煤炭消耗主要用于酿造生产

所需的蒸汽,可通过添置机械压缩热泵回收二次蒸汽来提高蒸汽利用率;而该企业电力能源由外部输送,因此企业可通过合理配置各种设备,特别是各种电机、传输装置、物料泵等。废硅藻土是酿造阶段产生的主要固体废弃物,含有废酵母、酒液中的固形物等大量有机物,目前普遍采用直接填埋法进行处理,必然造成环境污染,且消耗大量土地资源。可进行回收处理代替新硅藻土重复利用,最终分别转变为有机物和无机物加以利用,既降低环境污染,又能为企业带来一定的经济效益。合理回收利用副产物,实现企业内部循环经济,应该是啤酒企业致力于追求的目标^[7]。

本文仅对啤酒酿造阶段进行了 LCA 清单分析,而对啤酒整个生命周期的评价将更有意义。当然,生命周期评价方法本身也正处于发展和完善阶段,其应用也面临许多困难,尤其缺乏新的、精确的和立足于尽量多的有效来源的数据库。因此真正在全行业内开展 LCA 研究,还需进一步的努力。

参考文献:

- [1] 文刚.中国啤酒制造业发展概览[J].中外食品,2004 (5):20-23.
- [2] Mary Ann Curran.Groad-based environmental life cycle assessment[J].Environ.Sci.Technol.1993, 27(3):431-436.
- [3] 戴宏民,戴佩华.LCA 数据清单分析研究[J].中国包装,2003, (4):53-55.
- [4] 张光仲,周庆龙,张文德.啤酒中甲醛含量的调查分析[J].卫生研究,2004,33(3):342.
- [5] 杨建新,王寿兵,徐成.生命周期清单分析中的分配方法[J].中国环境科学,1999,19(3) 285-288.
- [6] 袁惠新,陈国金,苗青.废硅藻土旋流洗涤回收的探讨[J].农机与食品机械,1999(5):12-14.
- [7] 王晶日.实现循环经济的探讨[J].环境保护科学,2004,30(12):52-55.

四川科华新技术研究院 伸出援助之手

本刊讯 2005年8月4日,泸州市一小酒厂在维修过程中操作失误,发生酒罐爆炸事故,造成严重伤亡。

事故发生后,四川省泸州市市政府很重视,迅速将全市各酒厂召集,告诫大家引以为鉴,要求进行全面安全检查。四川科华新技术研究院得到消息后,非常同情,为了使该厂能迅速恢复生产,立即与泸州区政府取得联系,对该厂酒的后处理方面的技术给予大力支持。(莹子)

贵州青酒厂 50 周年庆典

本刊讯 2005年8月23日,贵州青酒厂举行建厂 50 周年庆典活动。

据介绍,50年来,青酒厂本着“以客户为中心、以质量为生命、以创新为动力、以人才为根本”的企业经营宗旨,由当初仅有木房 6 间、土灶 4 眼的酒厂,发展成为贵州省第二大白酒生产和销售企业。如今,酒厂年产 2 万吨白酒,收入 3 亿元,年创利税 3000 多万元,拥有固定资产 2 亿多元,有力地推动了地方经济的发展。(江砂)