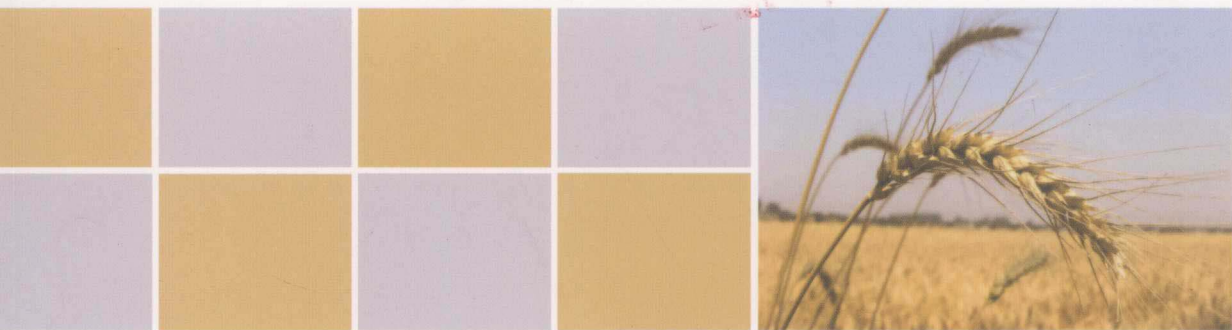


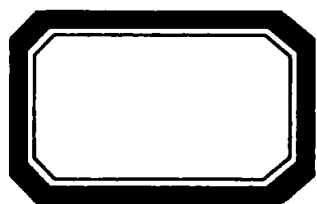
JIU ZHIZAOYE WURAN FANGZHI ZUIJIA KEXING JISHU DE PINGGU



啤酒制造业 污染防治最佳可行技术的评估

薛洁 王家廉 何勇 等编著

中国环境科学出版社



科研专项经费项目系列丛书

啤酒制造业污染防治最佳可行 技术的评估

薛洁 王家廉 何勇 等 编著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

啤酒制造业污染防治最佳可行技术的评估/薛洁等编著.
—北京: 中国环境科学出版社, 2012.2
(环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书)
ISBN 978-7-5111-0846-3

I. ①啤… II. ①薛… III. ①啤酒工业—污染防治—
技术评估 IV. ①X797

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 279717 号

责任编辑 曹靖凯

责任校对 唐丽虹

封面设计 何 为

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67175507 (科技标准图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)
印装质量热线: 010-67113404

印 刷 北京东海印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2012 年 2 月第 1 版
印 次 2012 年 2 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 9
字 数 205 千字
定 价 22.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

《环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》

编委会

顾 问：吴晓青

组 长：赵英民

副组长：刘志全

成 员：禹 军 陈 胜 刘海波

《啤酒制造业污染防治最佳可行技术的评估》

编委会

主 编：薛 洁

副 主 编：王家廉 何 勇

参编人员：王异静 杜晓雪 乔寿锁 刘文仲 秦人伟 杜绿君

总 序

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作，提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下，“十一五”环境保护工作成效显著，在经济增长超过预期的情况下，主要污染物减排任务超额完成，环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长，资源环境约束进一步强化，环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减，环境质量改善的压力不断加大，防范环境风险的压力持续增加，确保核与辐射安全的压力继续加大，应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点，解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题，确保环保工作不断上台阶出亮点，必须充分依靠科技创新和科技进步，构建强大坚实的科技支撑体系。

2006 年，我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》（以下简称《规划纲要》），提出了建设创新型国家战略，科技事业进入了发展的快车道，环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求，原国家环境保护总局于 2006 年召开了第一次全国环保科技大会，出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，确立了科技兴环保战略，建设了环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。五年来，在广大环境科技工作者的努力下，水体污染控制与治理科技重大专项启动实施，科技投入持续增加，科技创新能力显著增强；发布了 502 项新标准，现行国家标准达 1 263 项，环境标准体系建设实现了跨越式发展；完成了 100 余项环保技术文件的制修订工作，初步建成以重点行业污染防治技术政策、技术指南和工程技术规范为主要内容的国家环境技术管理体系。环境

科技为全面完成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构，支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动，“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署，环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题，立足环境管理中的科技需求，积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间，环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目 234 项，涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域，共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与，逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前，专项取得了重要研究成果，提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案，形成一批环境监测预警和监督管理技术体系，研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术，提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议，为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项项目研究成果，及时总结项目组织管理经验，环境保护部科技标准司组织出版“十一五”环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果，具有较强的学术性和实用性，可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版，在科技管理上也是一次很好的尝试，我们希望通过这一尝试，能够进一步活跃环保科技的学术氛围，促进科技成果的转化与应用，为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011 年 10 月

前 言

为贯彻落实《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》、《国务院关于落实科学发展观 加强环境保护的决定》和原国家环保总局《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，建立国家环境技术管理体系，为节能减排和环境保护目标的实现提供强有力的技术支撑，使我国环境污染防治和生态保护的成果引导环境技术和环保产业的发展，促进经济、社会与环境协调发展和可持续发展战略，2009 年环境保护部下达了“啤酒制造业污染防治技术评估体系研究”的研究任务。中国食品发酵工业研究院、天津市环境科学研究院联合成立课题组承担该项目的研究工作。

啤酒制造业作为我国食品工业的重要组成部分，产业规模大、经济贡献率高，优势明显，在我国食品工业中占有重要的地位；但啤酒制造业存在企业数量多、分布广、工业用水和废水排放总量大、物耗较高、综合效益低等问题。为了引导啤酒行业可持续发展，国家颁布了一系列与啤酒制造业污染防治、清洁生产有关的标准，但要达到标准规定的相关指标和要求，必须要有相对应的污染综合防治技术作支撑。因此，制定一套完善的啤酒行业污染综合防治技术评估体系是完全必要的。

《啤酒制造业污染防治最佳可行技术的评估》共分 5 章，分别为啤酒工业发展现状；啤酒制造业污染物的产生与排放控制；啤酒制造业污染防治技术的应用现状；评估体系的研究与建立及啤酒制造业污染防治最佳可行技术的筛选和评估。本书综合多门传统学科知识，内容大概涉及数学、生物、经济、生态学和专业技术等领域，为读者提供了广阔的知识空间。但是由于作者能力和时间有限，所以书中难免有不足之处，期望将来继续发展、完善，并期待读者提供啤酒制造业污染防治技术评估方面的建议。

目 录

第 1 章 啤酒工业发展现状	1
1.1 世界啤酒产业现状及发展趋势	1
1.2 中国啤酒产业现状	2
第 2 章 啤酒制造业污染物的产生与排放控制	5
2.1 啤酒制造业污染特点和污染负荷总量削减	5
2.2 水污染物的产生与排放控制	8
2.3 固体废弃物的产生与排放控制	14
2.4 气体污染物的产生与排放控制	15
2.5 噪声、振动的产生与污染防治	16
第 3 章 啤酒制造业污染防治技术的应用现状	17
3.1 节水减排技术	17
3.2 废水减排技术	25
3.3 固废减排技术	27
3.4 气体废弃物减排技术	31
3.5 废水末端治理技术	33
3.6 恶臭污染减排技术	40
3.7 噪声污染治理技术	41
3.8 污泥的无害化处理处置技术	42
3.9 啤酒工业污染防治新技术	43
3.10 啤酒工业末端治理新技术	44
第 4 章 评估体系的研究与建立	45
4.1 技术评估体系及评估方法概述	45
4.2 啤酒制造业污染防治技术评估体系的建立	49
第 5 章 啤酒制造业污染防治最佳可行技术的筛选和评估	75
5.1 啤酒制造业污染防治最佳可行技术评估原则	75

5.2 啤酒制造业污染防治最佳可行技术评估	75
5.3 构建啤酒制造业污染防治最佳可行技术	87
附件 1 评估指标权重	89
附件 2 专家技术打分表	107

第 1 章 啤酒工业发展现状

1.1 世界啤酒产业现状及发展趋势

啤酒是目前国际上消费量最大的酒类饮料，从 2003 年到 2007 年，全球啤酒产量以年均 4.8% 的增长率连续稳步增长，但受全球经济危机的影响，2008 年增长率下降到了 1.6%（见图 1-1），当年全球啤酒产量为 1.8 亿千升。目前全球有 169 个国家生产啤酒，产量最大的五个国家依次为中国、美国、俄罗斯、巴西和德国。

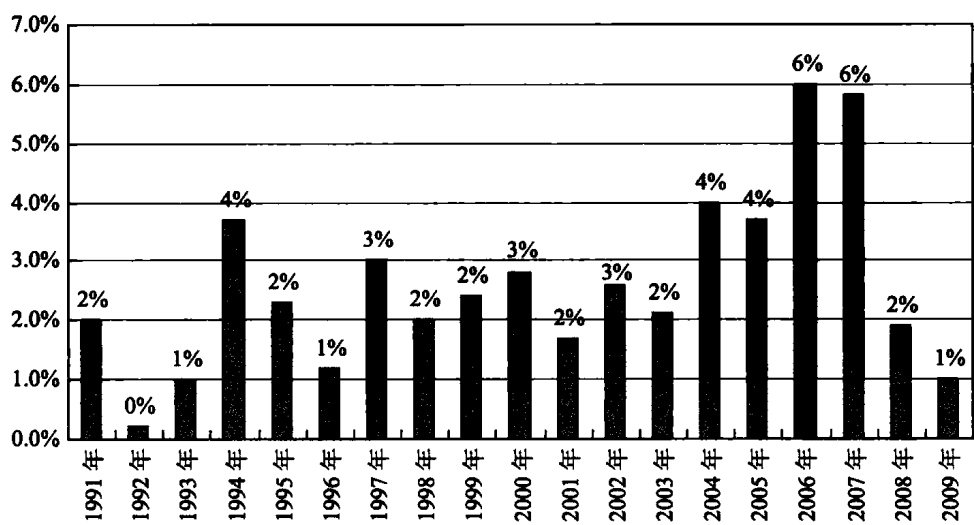


图 1-1 全球啤酒产量的增长图

近几年欧洲的啤酒产量不断下降，但亚洲和美洲的产量却在不断增加（见表 1-1），2009 年亚洲啤酒消费量占到全球总量的 31.7%，而欧洲占 30.8%。其中，引领亚洲增长的无疑是中国和印度两大市场。2009 年亚太地区啤酒消费总额约为 1 336.5 亿美元。到 2012 年，有望增至 1 441.5 亿美元，到 2014 年将达到 1 566.2 亿美元。中国已发展成为全球最大的啤酒消费国，未来无疑将继续保持快速增长。

但是，随着啤酒工业全球化的发展，各国啤酒企业为求得生存和发展，积极寻找战略合作伙伴，出现了一些国际化大公司，2008 年四大啤酒集团：英博-百威、米勒、喜力和嘉士伯，大约占全球啤酒销售量的 40%，而在 2004 年百威、英博、米勒和喜力等大型啤酒企业却只占市场份额的 33%。

表 1-1 2008 年世界啤酒产量前 10 名企业

排名	公司名称	产量/万 kL
1	英博-百威	3 575
2	米勒	1 508
3	喜力	1 278
4	嘉士伯	986
5	中国华润	531
6	Modelo	480
7	中国青岛	458
8	墨尔森康胜	456
9	燕京	391
10	FEMSA	385

1.2 中国啤酒产业现状

中国啤酒工业的发展速度处于世界前列，在最近 20 年的快速发展中，啤酒产量持续稳定增长；人均消费量持续上升（见图 1-2）。2002 年我国啤酒产量跃居世界首位后，经过近几年的发展，已把美国、德国远远抛在后面，2009 年我国啤酒总产量为 4 236.38 万 kL，约占全球啤酒年产量的 20%，已连续 8 年位居世界第一位。

啤酒在中国拥有巨大的市场，2009 年中国饮料酒总产量约为 5 188.56 万 kL。啤酒、白酒、黄酒和葡萄酒的产量分别为 4 236.38 万 kL、706.93 万 kL、106.29 万 kL 和 96.00 万 kL，各自所占有的市场份额分别为 81.64%、13.62%、2.04%、1.85%（见图 1-3）。

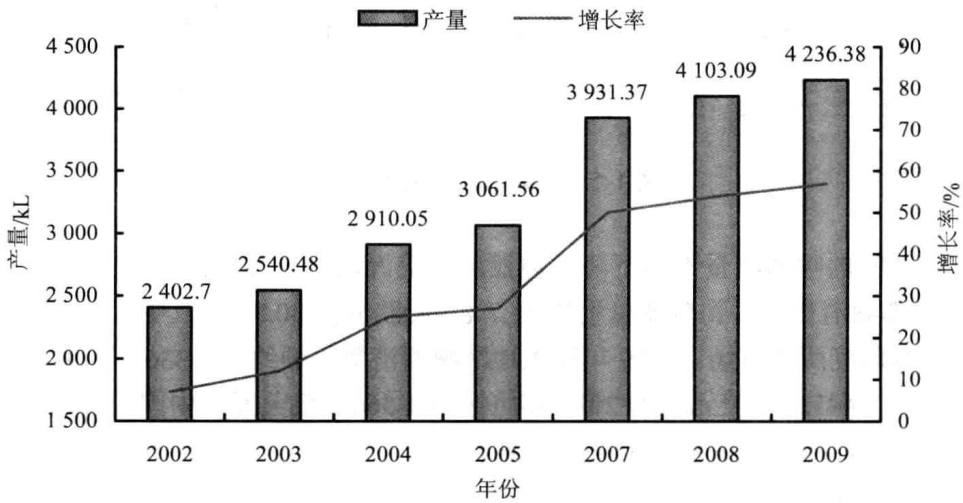


图 1-2 2002—2009 年我国历年啤酒产量图

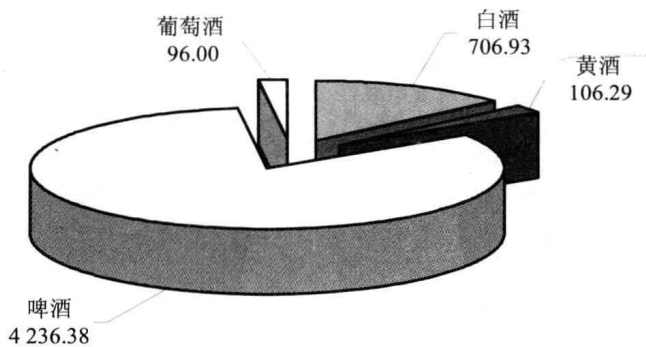


图 1-3 2009 年中国饮料酒的产量构成 (kL)

近几年啤酒产品销售收入稳定提高 (见图 1-4)，税金、利润总额随产量增长有较大增幅，但单位产品效益指标提升缓慢。另外，由于原料和能源价格的不断攀高，啤酒的生产成本受到影响，但是由于新技术逐渐推广应用，管理水平的逐步提高，啤酒行业消耗指标不断降低，行业仍将持续稳步发展。

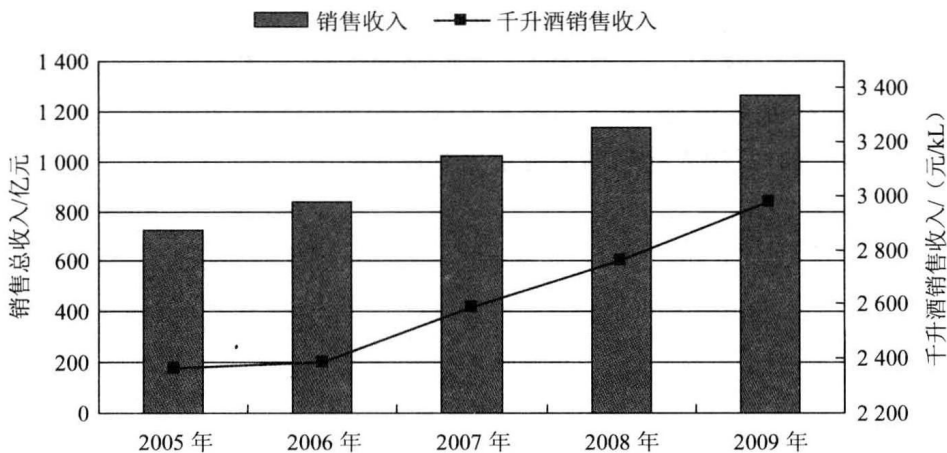


图 1-4 2005—2009 年啤酒产品销售收入变化趋势图

啤酒行业是一个开放程度较高的行业，从 20 世纪 80 年代末 90 年代初以来，西方各国数十个著名的啤酒品牌涌入中国。据统计，有 60 家 5 万 kL 以上的重点啤酒厂搞了合资，合资企业的啤酒产量已占全国产量的 31%。近几年，中国啤酒制造业兼并重组不断，产能持续扩张，兼并和新建工厂扩张规模是业内企业发展的最主要形式。2009 年，我国啤酒行业规模以上企业总计 593 家，其中大型企业 13 家，中型企业 239 家，小型企业 341 家 (见图 1-5、图 1-6)。

啤酒行业存在地域分布的不均衡性，我国啤酒企业主要分布在沿海发达地区，在 593 家啤酒生产企业中，有 229 家企业分布在华东 5 省，而有 124 家企业分布在我国中南地区，2009 年这两个地区的啤酒产量分别占到啤酒总产量的 31.6%和 31.03%。

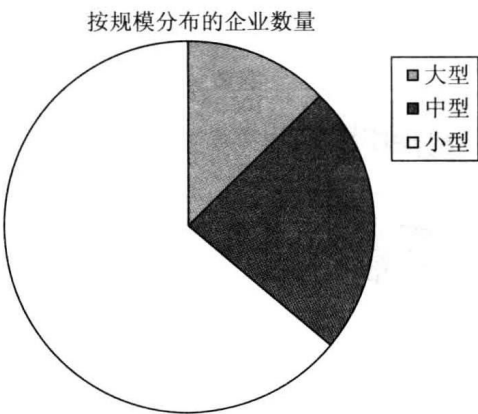


图 1-5 啤酒企业按规模分布情况

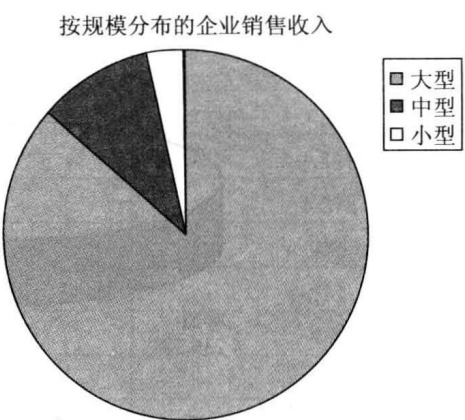


图 1-6 啤酒企业销售收入情况

由于人均消费量比较低，我国啤酒仍有很大的发展空间。从世界范围看，发达国家啤酒的人均消费量增长缓慢，而在经济增长较快地区，如东欧和中国的啤酒需求量和产量增长速度远远高于世界平均增长速度，增速比发达国家高 3%。2007 年世界啤酒产量约为 15730 万 kL，其中欧洲仍然是世界最大的啤酒消耗地区，西欧啤酒年产量约为 3000 万 kL，人均消费量 127L，美国啤酒年产量约为 2300 万 kL，人均消费量 77L，日本啤酒年产量 710 万 kL，人均消费量 85.7L，而俄罗斯、拉美人均啤酒消费量在 30~40L。我国 2007 年的人均啤酒消费量在 30L 左右，虽然已经与世界平均水平持平，但随着人民生活水平的提高和农民收入的增加，我国人均啤酒消费量仍有较大的增长空间。

第 2 章 啤酒制造业污染物的产生与排放控制

2.1 啤酒制造业污染特点和污染负荷总量削减

2.1.1 啤酒制造业的环境污染特点

啤酒生产是指以麦芽（包括特种麦芽）、水为主要原料，加啤酒花（包括酒花制品），经酵母发酵酿制含有 CO₂ 的、起泡的、低酒精度发酵酒的过程。

啤酒生产原料一般包括大麦麦芽、辅料、酒花、水和酵母。

啤酒的生产过程根据不同国家、啤酒种类、酿酒设备和国家法律的不同会有所不同，但主要过程基本是一致的：

● 麦汁制备→● 啤酒发酵→● 啤酒包装

啤酒生产工艺流程及产污环节见图 2-1。

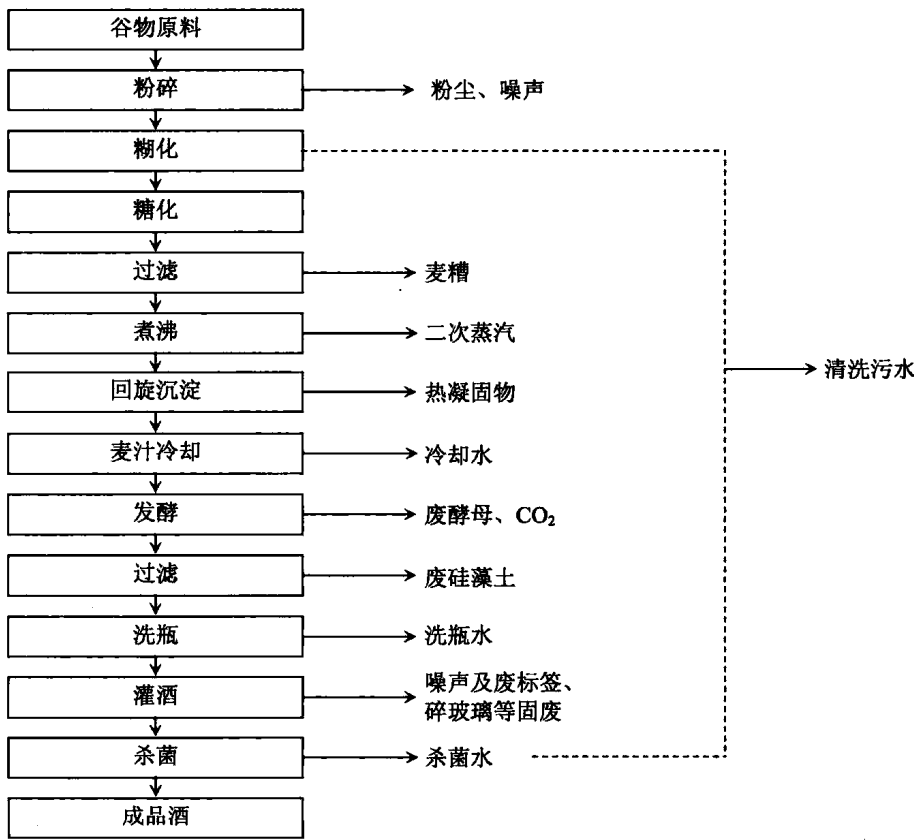


图 2-1 啤酒生产工艺流程及产污环节

由图 2-1 可见啤酒行业的主要污染物是废水、废气、废渣。啤酒生产过程中，每道工序都会有废水排出；固体废弃物包括热凝固蛋白、废酵母泥、废硅藻土、废麦糟和粉尘等；啤酒生产过程中产生的废气主要有发酵过程中产生的 CO_2 和锅炉废气等。

2.1.2 我国啤酒工业环境污染防治存在的问题

虽然近年来啤酒企业在“节能、降耗、减污”方面取得了显著成绩，但通过调研发现，我国啤酒工业在污染治理方面存在以下问题：

(1) 啤酒企业生产水平近几年有较大提高，但仍然落后于国际水平。

大多数工厂使用国产设备，还有部分中小啤酒厂仍在使用 20 世纪 80 年代的陈旧落后设备，能耗大、手工操作多，还影响产品质量。煮沸锅基本都为传统式，操作时间长，加热效率低。氨直接冷却法应用范围较小，多数仍采用冷媒冷却，冷却效率低。虽普遍采用硅藻土过滤器，但过滤能力低，酒损和水耗大。膜过滤尚未普遍使用，先进的错流过滤刚开始试验。啤酒包装线生产能力低，巴氏灭菌采用隧道式喷淋杀菌机，能耗高。老啤酒厂几乎都没有完善的水和副产物回收利用系统，综合利用也缺少成熟工艺设备的支持，造成我国啤酒生产的资源消耗指标相对较高，污染物排放量大。我国啤酒企业应加大对规模效益的生产经营模式和末端治理的污染控制方式等方面的重视。

(2) 废水量大，啤酒生产耗水量大，水的循环利用率不理想。

我国啤酒企业平均吨酒耗水与世界先进水平有相当大的差距。另外，我国啤酒企业“三废”排放量较大，每生产 1 kL 啤酒就向环境外排 2.5~10 t 废水，同时产生大量酒糟、废酵母、炉渣、硅藻土等废渣及 CO_2 和锅炉废气，这些不仅给自然生态环境带来巨大的污染风险，也给啤酒企业在治污方面带来了较重的经济负担。

(3) 废水是啤酒企业最大的环境问题，由于啤酒企业的生产规模较大，集中排出大量废水，容易造成有机物污染，虽然目前已有成熟的啤酒废水治理技术，但缺点明显。

① 投资费用大，一个年产 5 万 t 啤酒的企业需要耗资 350 万~400 万元来筹建污水处理厂。并且随生产规模的扩大，污水处理投资也将增大。

② 运转费用高，每吨污水处理成本在 1 元左右。

③ 企业以追求经济效益为最大目的，啤酒废水处理设备总是根据检查的松紧程度时开时停。

因而，单纯进行“末端治理”不是控制啤酒企业污染问题的有效途径，啤酒企业的污染防治必须从污染源头着手，使资源、能源得到充分利用，将排污量削减至最少，因此要运用啤酒工业的污染防治推行过程和末端治理相结合的处理方法。

2.1.3 啤酒工业贯彻清洁生产方针的进展和问题

根据调研情况，啤酒企业存在的环境问题有如下特点：

(1) 产污环节多，而且分散。

啤酒厂的污染物包括：废水、废气、废渣、噪声。废水：生产工艺废水、洗涤水、冷却水等；废气：锅炉废气、 CO_2 、干燥过程和废水处理产生的气体；废渣：酒糟、废酵母、废硅藻土、废包装材料、炉渣等；噪声：运输车辆噪声、设备噪声（压缩机、冷却塔等）。

(2) 排放的污染物无毒、无害，绝大部分可回收利用。

(3) 废水量大，啤酒生产耗水量大，水的循环利用率不理想，生产 1kL 啤酒用水 4~12t。

(4) 综合废水 pH 值 4.0~9.5，COD 浓度在 1000~1500mg/L，BOD 浓度在 600~900mg/L，悬浮固体含量高达 650mg/L，属于高浓度有机废水。

因此，环保部推出了《啤酒制造业清洁生产标准》，该标准是一个指导性标准，可用于啤酒制造企业的清洁生产审核和清洁生产潜力与机会的判断，以及企业清洁生产绩效评价和企业清洁生产绩效公告制度。

清洁生产标准根据当前行业技术、装备水平和管理水平而制定，共分为三级，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。

根据清洁生产的一般要求，清洁生产原则上分为六类指标，表 2-1 列出了与环境污染控制有关的指标要求。

表 2-1 啤酒行业清洁生产部分指标

项 目	一级	二级	三级
一、资源、能源利用指标			
1. 原辅材料的选择	生产啤酒的主要原料麦芽、辅料和酒花符合有关标准。使用的助剂或添加剂符合 GB2760 标准，应对人体健康没有任何损害		
2. 能源	使用清洁能源，燃煤含硫量符合当地环保要求		
3. 洗涤剂	清洗管道和容器的洗涤剂不含任何对人体有害和对设备有腐蚀作用的物质		
4. 取水量/（m ³ /kL）	≤6.0	≤8.0	≤9.5
5. 标准浓度 11°P 啤酒耗粮/（kg/kL）	≤158	≤161	≤165
6. 电耗/（kW·h/kL）	≤85	≤100	≤115
7. 耗标煤量/（kW·h/kL）	≤80	≤110	≤130
8. 综合能耗/（kg/kL）	≤115	≤145	≤170
二、污染物产生指标（末端处理前）			
1. 废水产生量/（m ³ /kL）	≤4.5	≤6.5	≤8.0
2. COD _{Cr} 产生量/（kg/kL）	≤9.5	≤11.5	≤14.0
3. 啤酒总损失率/%	≤4.7	≤6.0	≤7.5
三、废弃物回收利用指标			
1. 酒糟回收利用率	100%回收并加工利用（加工成颗粒饲料或复合饲料等产品）	100%回收并利用（直接作饲料等）	
2. 废酵母回收利用率	100%回收并加工利用（生产饲料添加剂、医药、食品添加剂等产品）	100%回收并利用（直接作饲料等）	
3. 废硅藻土回收处置率	100%回收并妥善处理（填埋等），不直接排入下水道或环境中		
4. 炉渣回收利用率	100%回收并利用	100%回收并妥善处理	
5. CO ₂ （发酵产生）回收利用率	回收并利用所有可回收的 CO ₂	50%以上回收并利用	