

市政与环境工程系列丛书

赵庆良 李伟光

特种废水处理技术

哈尔滨工业大学出版社



特种废水处理技术

赵庆良 李伟光

哈尔滨工业大学出版社
哈尔滨

内 容 提 要

特种废水由于具有水量变化的特殊性和水质波动的特异性,致使其处理的单元工艺和处理流程大相径庭。本书讲述了 10 种比较常见的废水,其中包括发酵工业废水、制革工业废水、煤气生产废水、制浆造纸工业废水、医院污水、精细化工废水、重金属工业废水、肉类加工废水、石油化工废水和垃圾渗滤液等废水来源、水量与水质特征,着重介绍了各种废水的处理工艺技术现状,并列举了国内外处理工程实例。本书以不同种类的废水单独成章,每章内容详尽、系统全面,各章之间相互独立,自成体系,既体现了国内外最新研究成果,又展现了工程应用现状及应用前景,具有较强的针对性和实用性。

本书可作为高等学校给水排水和环境工程等专业教学用书,也可供从事废水处理和环境保护的研究、设计与运行管理人员以及其他与环境科学、环境工程有关的专业技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

特种废水处理技术/赵庆良,李伟光编著. —哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社,2003.12

(市政与环境工程系列丛书)

ISBN 7-5603-1947-5

I.特… II.①赵… ②李… III.废水处理
IV.X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 097509 号

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区教化街 21 号 邮编 150006

电 话 0451-86414249

印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂

开 本 787×960 1/16 印张 16 字数 350 千字

版 次 2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5603-1947-5/X·13

印 数 1~4 000

定 价 24.00 元

前 言

在工业生产或产品加工过程中,都不可避免地产生大量的废水;在较为广泛应用于固体废弃物的卫生填埋处理过程中,也将产生一种高浓度的废水——垃圾渗滤液。与一般城市污水相比,这些废水亦或含有较高的悬浮物,亦或呈强烈的酸碱特性,亦或含有重金属,亦或含有大量的病原微生物(如医院污水),等等,亦即呈现具有特殊的物理、化学或生物学特性,因而将它们归属为特种废水。

废水的特性不同,所采用的废水处理工艺流程也就不一样。为了训练与培养给水排水与环境工程等专业本科生的分析实际问题与解决实际问题的能力,使其做到能够根据废水的水量、水质特性提出适宜的处理工艺流程和参数,增长实践知识,我们于2001年编写了“特种废水处理技术”校内讲义,经过校内两届学生使用后反映良好,现经过更新筛选整理后予以正式出版。

本书涵盖了10种比较常见的废水,其中包括发酵工业废水、制革工业废水、煤气生产废水、制浆造纸工业废水、医院污水、精细化工废水、重金属工业废水、肉类加工废水、石油化工废水和垃圾渗滤液。本书旨在基于作者和国内外研究者从事各有关废水处理研究的大量成果与切身体会,全面、系统和深入地阐述有关各种废水的产生过程、水量与水质特性和处理工艺与工程实践经验,各部分内容相对独立。我们期望本书的出版对进一步研究、探索和应用高效节能的特种废水处理新工艺起到积极的作用。

本书第1、2、4、7、10章由赵庆良编写,第3、5、6、8、9章由李伟光编写。

在本书的出版过程中,张晓红、张险峰和朱文芳等人做了大量的工作,同时也得到了各位同事及老师的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,经验不足,书中疏漏及不妥之处在所难免,热忱欢迎同行前辈和广大读者批评指正。

赵庆良 李伟光

2003年6月

目 录

第 1 章 发酵工业废水处理	(1)
1.1 发酵工业废水的来源及水量	(1)
1.2 发酵工业废水的水质特征	(3)
1.2.1 酒精工业废水	(4)
1.2.2 啤酒工业废水	(5)
1.2.3 乳品工业废水	(9)
1.2.4 味精工业废水	(12)
1.2.5 抗菌素类生物制药工业废水	(14)
1.3 发酵工业废水处理技术	(17)
1.3.1 啤酒废水处理	(17)
1.3.2 味精废水处理	(26)
第 2 章 制革工业废水处理	(30)
2.1 制革工业生产和废水的来源	(31)
2.1.1 制革工业生产的基本工艺流程	(31)
2.1.2 制革工业废水的来源	(32)
2.2 制革废水的水量与水质特征	(32)
2.3 制革工业废水处理技术	(36)
2.3.1 脱脂废液的处理	(36)
2.3.2 灰碱脱毛废液的处理	(37)
2.3.3 铬鞣废液的处理	(40)
2.3.4 活性污泥法处理制革废水	(41)
2.3.5 氧化沟工艺处理制革废水	(44)
2.3.6 射流曝气工艺处理制革废水	(47)
第 3 章 煤气废水处理	(50)
3.1 煤气生产	(50)
3.1.1 煤气化的定义与实质	(50)
3.1.2 气化类型	(52)
3.1.3 鲁奇加压气化工工艺简介	(52)
3.2 煤气废水的特征	(54)

3.2.1 煤气废水的来源及水量水质	(54)
3.2.2 煤气化废水的可生化性分析	(56)
3.3 煤气废水处理技术	(57)
3.3.1 预处理技术	(57)
3.3.2 组合生物处理技术	(61)
3.3.3 煤气废水脱氮技术的进展	(69)
第4章 制浆造纸工业废水处理	(75)
4.1 制浆造纸废水的来源与水量	(75)
4.1.1 备料过程中的废水	(75)
4.1.2 蒸煮废液	(76)
4.1.3 污冷凝水	(77)
4.1.4 机械浆及化学机械浆废水	(78)
4.1.5 洗浆、筛选废水	(78)
4.1.6 废纸回用过程的废水	(79)
4.1.7 漂白废水	(79)
4.1.8 造纸废水	(79)
4.2 制浆造纸废水的水质特征	(80)
4.2.1 制浆造纸废水的污染指标	(80)
4.2.2 制浆造纸废水的污染负荷	(80)
4.3 制浆造纸工业废水处理技术	(82)
4.3.1 生物接触氧化法处理中段废水	(82)
4.3.2 Carrousel 氧化沟处理麦草浆中段废水	(85)
4.3.3 完全混合式活性污泥法处理造纸废水	(91)
4.3.4 CXQF 高效气浮器处理造纸白水	(97)
4.3.5 高温厌氧法处理纸浆厂废水	(99)
第5章 医院污水处理	(102)
5.1 医院污水的来源、水量与水质特征	(102)
5.1.1 医院污水的来源	(102)
5.1.2 医院污水的水量	(103)
5.1.3 医院污水的水质特征	(104)
5.2 医院污水处理技术	(107)
5.2.1 医院污水处理技术概述	(107)
5.2.2 医院污水处理工艺流程	(108)
5.2.3 特殊废水预处理技术	(111)

5.2.4 医院放射性污水处理	(114)
5.2.5 医院污水消毒处理技术	(116)
5.3 医院污水处理产生污泥的处理	(119)
5.3.1 污泥的分类	(119)
5.3.2 污泥的处理	(120)
5.3.3 污泥的消毒	(120)
第6章 精细化工废水处理	(123)
6.1 精细化工工业废水的来源特性和治理原则	(123)
6.1.1 精细化工工业废水的来源	(123)
6.1.2 精细化工工业废水的特性	(124)
6.1.3 精细化工工业废水的治理原则	(125)
6.2 精细化工工业废水处理技术	(127)
6.2.1 醇及醚类废水的处理技术	(127)
6.2.2 醛及酮废水的处理技术	(129)
6.2.3 酸及酯类废水的处理技术	(131)
6.3 有机废水的脱色技术	(134)
6.3.1 药剂法	(134)
6.3.2 吸附法	(137)
6.3.3 氧化法	(138)
6.3.4 还原法	(138)
6.4 精细化工工业废水处理工程实例	(139)
6.4.1 吉化公司混合废水处理	(139)
6.4.2 江苏四菱染料集团公司染料废水处理	(142)
第7章 重金属工业废水处理	(147)
7.1 重金属废水的来源与特性	(147)
7.1.1 机械加工重金属废水	(147)
7.1.2 矿山冶炼重金属废水	(149)
7.1.3 其他含重金属离子的工业废水	(150)
7.2 废水中重金属的危害	(150)
7.3 重金属废水处理技术	(153)
7.3.1 含铬废水	(153)
7.3.2 含氰废水	(163)
7.3.3 含镉废水	(168)
7.3.4 电镀混合废水	(171)

第8章 肉类加工废水处理技术	(177)
8.1 肉类加工废水的来源和水量水质特征	(177)
8.1.1 肉类加工废水的来源	(177)
8.1.2 肉类加工废水的水量	(178)
8.1.3 肉类加工废水的水质特征	(179)
8.2 肉类加工废水处理技术	(183)
8.2.1 物理及物化处理工艺	(183)
8.2.2 生物处理工艺	(186)
8.3 肉类加工废水处理工程实例	(196)
8.3.1 浅层曝气活性污泥工艺	(196)
8.3.2 射流曝气活性污泥工艺	(198)
8.3.3 厌氧塘-好氧塘串联工艺	(199)
第9章 石油化工废水处理	(201)
9.1 石油化工废水的特征及治理原则	(201)
9.1.1 石油化工废水的特点	(201)
9.1.2 石油化工废水的治理原则	(204)
9.2 影响石油化工废水水量、水质的因素	(206)
9.2.1 原油和原材料性质的影响	(206)
9.2.2 加工方法、工艺流程的影响	(207)
9.2.3 防止设备腐蚀和结垢加入助剂的影响	(209)
9.2.4 冷凝冷却方法、设备不同的影响	(209)
9.2.5 开工、停工、事故等非正常操作运行的影响	(209)
9.3 石油化工废水处理工程实例	(210)
9.3.1 乙烯废水处理	(210)
9.3.2 化肥厂低浓度甲醇废水的回用处理	(214)
第10章 垃圾渗滤液处理	(220)
10.1 垃圾渗滤液的产生	(220)
10.2 垃圾渗滤液的水量与水质特征	(221)
10.2.1 垃圾渗滤液产量的计算	(221)
10.2.2 垃圾渗滤液的水质特征	(224)
10.3 垃圾渗滤液的处理技术	(228)
10.3.1 垃圾渗滤液处理方案	(228)
10.3.2 垃圾渗滤液的处理技术	(232)
10.3.3 国内垃圾渗滤液处理的工程实例	(236)
参考文献	(246)

第 1 章 发酵工业废水处理

发酵是利用微生物在有氧或无氧条件下制备微生物菌体或直接产生代谢产物或次级代谢产物的过程。所谓发酵工业,就是利用微生物的生命活动产生的酶对无机或有机原料进行加工获得产品的工业。它包括传统发酵工业(有时称酿造),如某些食品和酒类的生产,也包括近代的发酵工业,如酒精、乳酸、丙酮-丁醇等的生产,还包括新兴的发酵工业,如抗生素、有机酸、氨基酸、酶制剂、单细胞蛋白等的生产。在我国常常把由复杂成分构成的、并有一定风味要求的发酵食品,如啤酒、白酒、黄酒、葡萄酒等饮料酒,以及酱油、酱、豆腐乳、酱菜、食醋等副食佐餐调味品的生产称为酿造工业;而把经过纯种培养、提炼精制获得的成分单纯且无风味要求的酒精、抗生素、柠檬酸、谷氨酸、酶制剂、单细胞蛋白等的生产叫做发酵工业。

据统计,目前全国食品发酵企业已达 7 万多个(含非轻工企业),1998 年食品与发酵工业总产值已达 5 900 亿元,在各产业部门中,产值已跃居第一位,成为国民经济的主要支柱产业。然而,随着该工业的飞速发展,它产生的环境问题也日趋严重。

1.1 发酵工业废水的来源及水量

在我国,食品发酵工业存在的主要问题表现在,生产虽有一定规模,但产品结构不合理,粗放经营,资源浪费严重,环境污染突出,经济效益低下。我国发酵工业若要在今后几年保持稳定、快速发展,就不能再以简单增加资源、能源、劳动力的方式来扩大生产,而要大力开发生物技术,大幅度增加技术含量,依靠先进的科技来增加产量,降低成本,增加效益。

一般地讲,淀粉、制糖、乳制品的加工工艺为:

原料→处理→加工→产品

而发酵产品(酒精、酒类、味精、柠檬酸、有机酸)的生产工艺为:

原料→处理→淀粉→糖化→发酵→分离与提取→产品

可见,发酵工业的主要废渣水来自原料处理后剩下的废渣(如蔗渣、甜菜粕、大米渣、麦糟、玉米浆渣、纤维渣、葡萄皮渣、薯干渣等)、分离与提取主要产品后废母液与废糟(如玉米、薯干、糖蜜酒精糟,味精发酵废母液,白酒糟,葡萄酒糟,柠檬酸中和废液等)以及加工和生产过程中各种冲洗水、洗涤剂和冷却水。我国食品与发酵工业主要行业的废渣水排放量及污染负荷见表 1.1。由该表可见,这些行业年排放废水总量达 28.12 亿 m^3 ,其中废渣量达 3.4 亿 m^3 ,废渣水的有机物总量为 944.8 万 m^3 。不言而喻,整个食品与发酵工业的年排放废

水、废渣水总量将大大超过上述数字,而且有逐年增多的趋势。

发酵工业采用玉米、薯干、大米等作为主要原料,并不是利用这些原料的全部,而只是利用其中的淀粉,其余部分(蛋白、脂肪、纤维等)限于投资和技术、设备、管理等原因,很多企业尚未加以很好地利用。发酵工业年耗粮食、糖料、农副产品达 8 000 多万 t,其中玉米、大米等原料耗量为 2 500 万 t 左右。若粮薯原料按平均淀粉含量 60%(质量分数)计,则上述行业全年将有 1 000 万 t 原料尚未被很好利用,其中有相当部分随冲洗水及洗涤水排入生产厂周围水系,不但严重污染环境,而且大量地浪费了粮食资源。

表 1.1 食品与发酵主要行业废渣水排放量及污染负荷

行业	1998 年		主要废渣水污染负荷及排放量					年排废水总量	
	产量 /万 t	企业 /个	废渣水名称	排放量/($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$ 产品)	COD/($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	排废渣水量 /($\text{万 m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$)	排有机物量 /($\text{万 m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$)	排放量 ^① /($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$ 产品)	排废水量 /($\text{万 m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$)
粮薯酒精	218	500	酒精糟	15	40 ~ 70	3 270	180	80	17 440
糖蜜酒精	90	430	酒精糟	15	80 ~ 110	1 350	128	60	5 400
味精	59	48(全) ^②	米渣	3	60 ~ 70	177	77	400	23 600
		29(半) ^③	废母液	20		1 180			
柠檬酸	20	95	薯干渣	3	10 ~ 40	60	5	300	6 000
				10		200			
淀粉	400	600	浸泡水	25	30 ~ 50	10 000	400	50	20 000
			黄浆	10	7 ~ 9	4 000	32		
			皮渣	10	1.5 ~ 3.0	4 000	32		
淀粉糖	50	300	玉米浆渣	0.3		90	15		
啤酒	1 987	600	麦糟	0.2	40 ~ 60	397	19.8	20	39 740
			废酵母	0.01	60 ~ 90	19.9	2.0		
白酒	300 固态	2 000	白酒糟	3	30 ~ 50	900	36	60	18 000
黄酒	150		黄酒糟	3	30 ~ 50	450	18	4	600
甜菜制糖	276	120	甜菜糟	6.7		1 849		100	27 600
			甜菜泥	1		276			
甘蔗制糖	550	420	甘蔗渣	10		5 500		20	11 000
			甜菜泥	1		550			
乳制品	54							8	432
罐头	156	2 200						100	15 600
软饮料	958	2 000						100	95 800
合计						34 268.9	944.8		281 212

注:① t 产品排放废水总量除主要废渣水外,尚包括洗涤水、冲洗水,以及大量的冷却水。

②指包括味精全部生产过程的生产厂。

③只生产谷氨酸或外购谷氨酸制造味精的生产厂。

味精工业废水对环境造成的污染问题日趋突出,在众所周知的淮河流域水污染问题中,它是仅次于造纸废水的第二大污染源;在太湖、滇池、松花江、珠江等流域,也因味精废液污染问题,成为公众关注的焦点。对于味精废液,过去一直采用末端治理的技术,投资大,不能

从根本上解决问题。随着生产规模的不断扩大,味精废液的污染日趋严重。1996年我国味精产量55万t,废液中约有8.4万t蛋白质和54.6万t硫酸铵,其中大多数被排放掉了,造成资源、能源的极大浪费。

全国目前共有甘蔗糖厂440家。20世纪80年代以来,甘蔗糖厂的主要污染源糖蜜酒精废液的治理一直是人们研究的重大科研项目,先后有许多的治理方案和治理工程问世,但是没有一种方案和工程技术既可达到酒精废液的零排放又有明显的环境效益、社会效益和很好的经济效益。

应指出的是,食品与发酵工业的行业繁多、原料广泛、产品种类也多,因此,排出的废水水质差异大,其主要特点是有机物质和悬浮物含量较高、易腐败,一般无毒性,但会导致受纳水体富营养化,造成水体缺氧恶化水质,污染环境。

1.2 发酵工业废水的水质特征

食品与发酵工业均以粮食、薯干、农副产品为主要原料,生产过程中排出的废渣水(如酒精糟、白酒糟、麦糟、废酵母、黄浆大米渣、薯干渣、玉米浆渣等)中含有丰富的蛋白质、氨基酸、维生素以及糖类和多种微量元素(表1.2),因此是理想的饲料原料,也是微生物增殖的营养源。此外,还可以用这些废渣为培养基进行厌氧发酵,将复杂的有机物通过微生物作用降解转化,获得大量沼气。更重要的是,废渣水在生产饲料和沼气的同时,能大大降低污染负荷,实是一举两得。

表1.2 食品发酵业废渣水主要成分含量

废渣水 项 目	薯干酒 精糟	玉米酒 精糟	糖蜜酒 精糟	味精废 母液 ^②	柠檬酸 废母液	白酒 糟 ^③	啤酒糟	废甜 菜粕	大米渣
pH值	5.4	5.2	5.0	3.2~3.5	5.0~5.5	3~4			
$\omega^{\text{①}}$ (还原糖)	0.22			0.75	0.4				
ω (总糖)	0.68	0.83	2.2		1.0		1.8		
ω (总固形物)	5.2	5.7	11.5	11.54	4.0				
ω (悬浮物)	4.2	4.12	1.5	1.54		40	20~25	8.4	50
ω (灰分)	0.6	0.22	3.1	6.03		5.84			
ω (氮)	0.13		0.31			8.1	5.1	0.9	25
ω (磷)	0.02		0.005	0.16		0.11		0.05	
ω (谷氨酸)				1.74					
ω (淀粉)				1.03					12
COD/(g·L ⁻¹)	52.6	70	130	100~120	20~30	30~50			
BOD/(g·L ⁻¹)	23.3			50~60					

注:① ω 表示的是成分的质量分数。

② 味精废母液是指发酵液采用一次冷冻等电提取粗谷氨酸后的母液。

③ 白酒糟是指大曲酒(65度)酒糟。

用废渣水来生产饲料和沼气的工艺,是拟将废渣水进行固液分离,滤渣干燥生产各种产品,而滤液再行处理(生产沼气)。应指出的是,废渣水也可先进行厌氧发酵来生产沼气(如生产粮薯酒精的废渣水),但是厌氧消化液也需固液分离。由此可见,食品与发酵工业废渣水的固液分离尚是一个极其重要的单元操作。常用单元操作方式主要有沉降、离心、过滤、蒸发浓缩和干燥等。

按照发酵工业的性质与产品来讲,所产生的废水主要包括酒类生产废水、糖类生产废水、乳品工业废水、味精生产废水、柠檬酸生产废水和抗菌素类生物制药废水等。各种废水的水质特征迥异,这里选几种常见的典型废水阐述其特性。

1.2.1 酒精工业废水

酒精工业的污染,以水的污染最为严重。生产过程的废水主要来自蒸馏发酵成熟醪后排出的酒精糟,生产设备的洗涤水、冲洗水,以及蒸煮、糖化、发酵、蒸馏工艺的冷却水等。

酒精生产基本不排放工艺废渣和废气,排放的废气、废渣主要来自锅炉房。酒精生产污染物的来源与排放见图 1.1。由该图可见,酒精生产的废水主要来自蒸馏发酵成熟醪时粗馏塔底部排放的蒸馏残留物——酒精糟(即高浓度有机废水),以及生产过程中的洗涤水(中浓度有机废水)和冷却水。酒精糟、洗涤水、冷却水的水质和吨产品排水量见表 1.3。

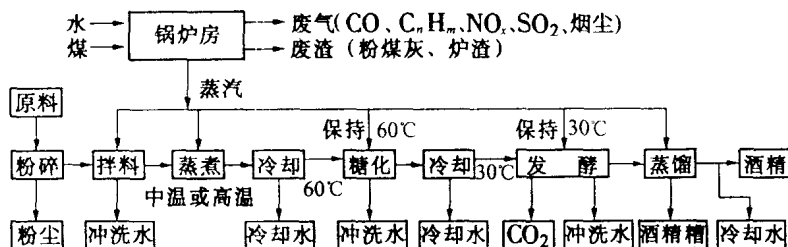


图 1.1 酒精生产污染物的来源与排放

由表 1.3 可见,每生产 1 t 酒精约排放 13~16 m³ 酒精糟。酒精糟呈酸性,COD 高达 $(5\sim7)\times 10^4$ mg/L,是酒精行业最主要的污染源。1998 年全国酒精产量达 300 多万 t(包括企业自产自销酒精),年排放废水总量达 3 亿多 m³,其中酒精糟为 4 000 多 m³,年排放有机污染物 BOD 约 115 万 t,COD 约 220 万 t。

表 1.3 酒精生产废水水质与排水量

废水名称与来源	排水量/(m ³ ·t ⁻¹)	pH 值	COD/(mg·L ⁻¹)	BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	SS/(mg·L ⁻¹)
糖薯酒精糟	13~16	4~4.5	$(5\sim7)\times 10^4$	$(2\sim4)\times 10^4$	$(1\sim4)\times 10^4$
糖蜜酒精糟	14~16	4~4.5	$(8\sim11)\times 10^4$	$(4\sim7)\times 10^4$	$(8\sim10)\times 10^4$
精馏塔底残留水	3~4	5.0	1 000	600	
冲洗水、洗涤水	2~4	7.0	600~2 000	500~1 000	
冷却水	50~100	7.0	<100		

1.2.2 啤酒工业废水

啤酒生产主要工艺流程见图 1.2。从该图可看出,啤酒生产工艺中的每道工序都有固体废弃物(废弃麦根、冷凝固蛋白、酵母泥、废硅藻土、废麦糟等)、废水(洗罐水、洗槽水、浸麦水、酒桶与酒瓶洗涤水等)产生。啤酒厂废水主要来源有:麦芽生产过程的洗麦水、浸麦水,发芽降温喷雾水、麦槽水、洗涤水,凝固物洗涤水;糖化过程的糖化、过滤洗涤水;发酵过程的发酵罐洗涤、过滤洗涤水;罐装过程洗瓶、灭菌、破瓶啤酒及冷却水和成品车间洗涤水。此外,啤酒厂废水还包括来自办公楼、食堂、宿舍和浴室等处的生活污水。每制 1 t 成品酒,将产生生活污水约 1.7 m^3 ,含 COD 污染物 0.85 kg 或 BOD_5 污染物 0.5 kg。

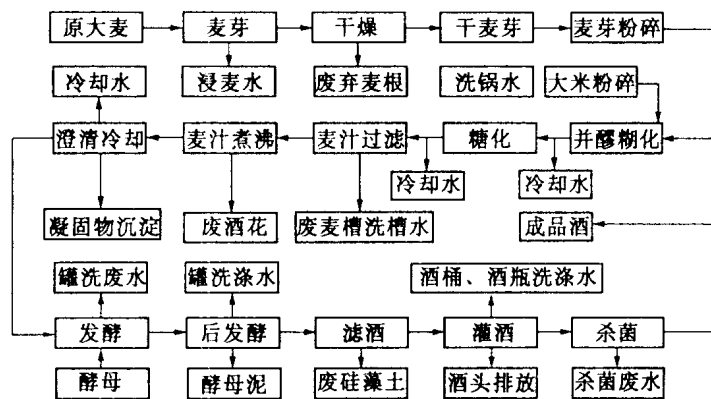


图 1.2 啤酒生产工艺与主要污染源

啤酒厂排放的废水超标项目主要是 COD、 BOD_5 和 SS 等,其水质水量情况见表 1.4。由该表可见,啤酒生产的废水主要来自两个方面,一是大量的冷却水(糖化、麦汁冷却、发酵等),二是大量的洗涤水、冲洗水(各种罐洗涤水和瓶洗涤水等)。由此可见,啤酒废水的特点是水量大,无毒有害,属高浓度有机废水。

1. 特点

啤酒厂生产啤酒过程用水量很大,特别是酿造、罐装工艺过程大量使用新鲜水,相应产生大量废水。啤酒的生产工序较多,不同啤酒厂生产过程中吨酒耗水量和水质相差较大。管理和技术水平较高的啤酒厂耗水量为 $8 \sim 12 \text{ m}^3/\text{t}$,我国啤酒厂的吨酒耗水量一般大于该参数。据统计,国内啤酒从糖化到灌装吨酒平均耗水量为 $10 \sim 20 \text{ m}^3$ 。

酿造啤酒消耗的大量水除一部分转入产品外,绝大部分作为工业废水排入环境。如上所述,啤酒工业废水按其有机物含量可分为以下几类(参见表 1.5)。

(1) 冷却水

冷却水包括冷冻机循环水、麦汁和发酵的冷却水等。这类废水基本上未受污染。

表 1.4 啤酒废水水质水量

废水种类	来 源	废水量 ($\frac{\text{部分废水}}{\text{总废水}}$) / %	COD /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	高(低)浓度 废水 COD /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	总排放口(综 合废水)COD /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
高 浓 度 有机废水	麦糟水、糖化车间 的刷锅水等	5 ~ 10	20 000 ~ 40 000	4 000 ~ 6 000	1 000 ~ 1 500
	发酵车间的前罐、 后酵罐洗涤水、洗酵 母水等	20 ~ 25	2 000 ~ 3 000		
低 浓 度 有机废水	制麦车间浸麦水、 洗锅水、冲洗水等	20 ~ 25	300 ~ 400	300 ~ 700	
	灌装车间的酒桶酒 瓶洗涤水、洗涤水等	30 ~ 40	500 ~ 800		
冷 却 水 及其他	各种冷凝水、冷却 水、杂用水等	无污染物		< 100	

表 1.5 北京某啤酒厂废水量实测值

废水排水量	麦芽 车间	酿造车间(糖 化、发酵)	灌装 车间	厕所	厂区生活污 水(澡堂)	CO ₂ 回收	冷却水 溢流	全厂总 排水量
月排水量/ m^3	7 089	26 549	29 304	3 000	7 800	150	33 134	10 7026
日均排水量/($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	236.3	884.9	976.8	100	260	5	1 104.5	3 567.5

(2) 清洗废水

清洗废水如大麦浸渍废水、大麦发芽降温喷雾水、清洗生产装置废水、漂洗酵母水、洗瓶机初期洗涤水、酒罐消毒废液、巴斯德杀菌喷淋水和地面冲洗水等。这类废水受到不同程度的有机污染。

(3) 冲渣废水

冲渣废水如麦糟液、冷热凝固物、酒花糟、剩余酵母、酒泥、滤酒渣和残碱性洗涤液等。这类废水中含有大量的悬浮性固体有机物。工段中将产生麦汁冷却水、装置洗涤水、麦糟、热凝固物和酒花糟。装置洗涤水主要是糖化锅洗涤水、过滤槽和沉淀槽洗涤水。此外,糖化过程还要排出酒花糟、热凝固物等大量悬浮固体。

(4) 灌装废水

在灌装酒时,机器的跑冒滴漏时有发生,还经常出现冒酒,将大量残酒掺入废水中。另外,喷淋时由于用热水喷淋,啤酒升温引起瓶内压力上升,“炸瓶”现象时有发生,致使大量啤酒酒散在喷淋水中。为防止生物污染,循环使用喷淋水时需加入防腐剂,因此,被更换下来的废喷淋水含防腐剂成分。

(5) 洗瓶废水

清洗瓶子时先用碱性洗涤剂浸泡,然后用压力水初洗和终洗,瓶子清洗水中含有残余碱性洗涤剂、纸浆、染料、浆糊、残酒和泥砂等。碱性洗涤剂要定期更换,更换时若直接排入下水道,则可使啤酒废水呈碱性,因此,废碱性洗涤剂应先进入调节、沉淀装置进行单独处理。若将洗瓶废水的排出液经处理后储存起来用以调节废水的 pH 值(啤酒废水平时呈弱酸性),则可以节省污水处理的药剂用量。

2. 单位生产排污量

表 1.6 是国内相关厂家的生产情况,经过统计,吨酒平均耗水量为 $17 \sim 31 \text{ m}^3$ 。

表 1.6 啤酒厂耗水量统计表(1983 年)

单 位	总耗水量 $/(\text{万 m}^3 \cdot \text{a}^{-1})$	啤酒产量 $/(\text{万 t} \cdot \text{a}^{-1})$	吨酒耗水量 $/(\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1})$	麦芽产量 $/(\text{t} \cdot \text{a}^{-1})$	麦芽耗水量 $/(\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1})$
青岛啤酒厂	108.39	6.3	19.17	8 890	22.6
上海啤酒厂	113.4	3.8	30.7	4 101	40.24
上海华光啤酒厂	71.7	3.1	17.45	3 000	29.41
杭州啤酒厂		2.0	21.77	—	—
北京啤酒厂	143	2.5	10(新设备)	3 300	34
		2.5	23(老设备)		
北京五星啤酒厂	118	3.3	17.8	4 384	25
北京燕京啤酒厂	66	2.0	30.0	3 000	20

由表 1.6 可以看出,厂与厂之间的啤酒生产的废水排放量差距很大,这与生产工艺及生产管理水平等因素密切相关。同时,对于同一个厂不同时间的排水量也有较大差别,这是由于季节不同、生产量不同所造成的。表 1.7 所列热水和冷水耗用量,是指国内较先进的年产万吨啤酒、每日糖化 6 次的生产厂日耗水量。季节废水流量可能会有波动,一般夏季生产量大于冬季,水量也因此变化。甚至每周也有水量的变化,有的工厂啤酒生产每周 7 天日夜进行,但装瓶工序在周末停止两天,因此到周一时废水排放出现峰值。间歇排放方式的啤酒废水的水质逐时变化范围较大,最大值为平均值的 2 倍。

表 1.7 年产万吨啤酒厂冷水和热水日耗用量

工 序	冷水耗用量/($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	工 序	温度/ $^{\circ}\text{C}$	热水耗用量/($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)
麦汁冷却	180	麦芽、辅料混合	60	24
洗瓶	46.2	洗涤筛蓖底	80	1.26
洗桶	3.83	洗槽	80	24
测定桶容积	4.21	洗酒花槽	80	2.5
洗发酵槽	1.6	洗麦汁管路	60	15.12
洗后酵槽	1.6	洗麦汁冷却设备	60	1.68
洗清酒槽	1.6	洗酒槽贮槽	60	0.62
水力除麦糟	24	洗压榨机	60	2.5
洗糖化设备	7.2	洗其他设备	60	9
洗麦汁冷却设备	3.6	合计		88
洗酵母贮槽	3.0			
洗啤酒过滤设备	9.6			
洗地面	13.0			
合计	325.24			

3. 废水水质

一般来讲,从麦芽制备开始直到成品酒出厂,每一道工序都有酒损产生。酒损率与生产厂的设备先进性、完好性和管理水平有关。酒损率越高,造成的环境污染越严重。先进酒厂的酒损率约为 6%~8%,设备陈旧及管理不善的酒厂酒损率可高达 18%以上,一般水平的啤酒厂的酒损率为 10%~12%。与废水排放量一样,废水的水质在不同季节也有一定的差别,尤其是处于高峰流量时的啤酒废水,其有机物含量也处于高峰。一般来讲,每制 1 t 成品酒,排出 COD 污染物约 25 kg,或 BOD_5 污染物 15 kg,悬浮性固体约 15 kg。表 1.8 列出了北京某厂年产啤酒 5×10^4 t 时啤酒废水中主要污染物的 BOD_5 、COD、SS 及 pH 值。

表 1.8 北京某啤酒厂废水性质

车间名称	性质指标				备 注
	COD/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD_5 /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	pH 值	
麦芽	540	357	67	6~7	1984 年 3 月,24 h 定时取样,测定混合水样的水质,连续监测 7 d,表中数字为多次测定结果的平均值
糖化	35 400	25 700	1 860	6~7	
发酵	3 390	2 658	210	6~7	
灌装	1 420	840	50	6~7	
酵母	12 350	8 830	751	5~6	
总排放口	1 070	736	125	6~7	

国内其他有关啤酒厂的废水特性参见表 1.9。国内啤酒厂进水 COD 多在 1 000 ~

2 500 mg/L之间,BOD在 600 ~ 1 500 mg/L 之间。从以上各表可以看出,啤酒废水 BOD 与 COD 的比例高达 0.5 左右,说明这种废水具有较高的可生物降解性。此外,啤酒废水中也含有一定量的凯氏氮和磷。

表 1.9 国内有关啤酒厂废水特性

企 业	pH 值	SS /(mg·L ⁻¹)	废水量 /(m ³ ·d ⁻¹)	COD /(mg·L ⁻¹)	BOD /(mg·L ⁻¹)
济南白马山	进 6.5	200	3 500	1 950	600
福州第一家	进 6~9	200	2 000	1 500	800
青岛啤酒厂	进	600	4 000	2 500	1 500
杭州中策啤酒公司	进 4~9	332 ~ 464	8 000	2 500	1 400
燕京啤酒厂	进 6~9		15 000	1 500	800
南宁啤酒厂				1 000 ~ 1 100	700 ~ 800
华光啤酒厂	5.4	436		1 358	1 233
成都啤酒厂				800 ~ 1 200	600 ~ 800
上海啤酒厂				800 ~ 1 500	500 ~ 900
桂林啤酒厂	5~8	400		1 000 ~ 1 100	700 ~ 800
珠江啤酒厂		400		1 350	700
广州啤酒厂				1 500	1 000
合肥啤酒厂		73		5 760	4 009
常州酿酒总厂		200 ~ 300		1 000 ~ 1 500	700 ~ 800
昆明啤酒厂		200 ~ 400		1 100 ~ 2 000	800 ~ 1 400
杭州啤酒厂		400 ~ 500		1 200 ~ 1 500	800 ~ 1 000
青岛啤酒厂		150		500 ~ 1 000	350 ~ 700
沈阳啤酒厂		83 ~ 446		656 ~ 8 147	420 ~ 5 410

1.2.3 乳品工业废水

乳品工业包括乳场、乳品接收站和乳制品加工厂。乳品接收站主要任务是从乳场接收乳品,然后装罐运输到装瓶站或加工厂。乳场除做好运输准备工作外,有时还要在分离器中将乳品脱脂,把奶油运出或加工成黄油,而脱脂乳可用做饲料或加工成酪朊。乳品加工厂主要生产奶粉、炼乳、酸奶、酪朊、冰激凌等产品。我国乳制品产量中,奶粉产量占 75%左右,婴儿乳制品产量占 10%左右,奶油、干酪、炼乳等其他乳制品占 15%左右。

液体乳品的主要加工工艺为消毒、均质、调配维生素和装瓶,图 1.3 所示为液体乳品典型的加工工艺和各种水的流向。奶粉的主要加工工艺为净化、配料、灭菌与浓缩、干燥(图 1.4)。酸奶生产工艺流程见图 1.5。

乳场废水主要来自洗涤水、冲洗水;乳品加工废水主要是生产工艺废水和大量的冷却水(图 1.3 ~ 图 1.5),冷却水占总废水量的 60% ~ 90%。乳品接收站废水主要是为运送乳品所