

1 导 论

1.1 食品工业废水分类及其特性

食品工业是以农、牧、渔、林业产品为主要原料进行加工的工业。食品工业作为我国经济高速增长中的低投入高效益产业近年来得到迅速发展，对促进经济增长和人民生活水平的提高以及充分利用资源起着十分重要的作用。

食品工业包括许多与饮食有关的行业，有不同的分类方法。若按所用原料分类，可分为：肉与肉制品工业；禽蛋加工工业；水产品加工工业；制糖工业；水果蔬菜加工工业；粮食加工工业；淀粉工业；食用油脂工业；乳制品工业；含酒精饮料工业；无酒精饮料工业；调味品及添加剂工业等。

食品加工过程中有大量副产物和废弃物产生。例如制糖工业，生产每吨食糖需用甜菜或甘蔗 9~10t 每吨酒精需用粮食 3~3.3t；每吨味精需用淀粉 3~4t；每吨淀粉需用玉米 1.7~1.9t 等等，大量的未进入产品的原料（约 30%~50%）最后成为副产物和废弃物。因此，随着食品工业产量的增加，消耗的农产品量也增加，产生的副产物和废弃物的量也增加。这些副产物大多可作为农田肥料，有的则是富含营养物质的饲料，如果合理利用，可节约资源并促进农副业的发展，如果不加利用或利用不好，就将成为主要的环境污染源。

食品加工业都是以水作为工业用水和清洗用水。用水量很大，废水排放量也很大。例如，生产每吨糖耗水 150t；每吨啤酒耗水 35t；每吨罐头耗水 100t 每吨味精耗水 1000t 每吨饮料耗水 100t；每吨酒精耗水 200t 等等。

食品工业废水主要来源于三个生产工段。

(1) 原料清洗工段 大量砂土杂物、叶、皮、鳞、肉、羽、毛等进入废水中，使废水中含大量悬浮物。

(2) 生产工段 原料中很多成分在加工过程中不能全部利用，未利用部分进入废水，使废水含大量有机物。

(3) 成形工段 为增加食品色、香、味，延长保存期，使用了各种食品添加剂，一部分流失进入废水，使废水化学成分复杂。

食品工业废水的特性主要体现 6 个方面。

废水量大小不一，食品工业从家庭作业的小规模到各种大型工厂，产品品种繁多，其原料、工艺、规模等差别很大，废水量从数 m^3/d 到数千 m^3/d 不等。对废水量不大的小型作坊，因维护管理方面存在实际困难，希望采用便于维护管理的废水处理设施。

生产随季节变化，废水水质水量也随季节变化。例如，农产品和水产品的加工，因季节关系，由于原料输入的状况变化很大，在某个时期有加工集中情况。豆腐制作和饮食行业，由于在一天内只有数小时工作，废水在这个时期也较集中。

食品工业废水中可生物降解成分多，对于一般食品工业，由于原料来源于自然界有机物质，其废水中的成分也以自然有机物质为主（如蛋白质、脂肪、糖、淀粉），不含有毒物质，故生物降解性好。其 BOD_5/COD 比例高达 0.84。

废水中含各种微生物，包括致病微生物，废水易腐败发臭。

高浓度废水多，近年来，从节约水资源和降低成本的观点出发，推行水利用合理化，在有机物质不变而水量减少，和增加有机物质而水量不增加的情况下，这些都导致废水浓度增高。一般来说，食品工业废水，以较高浓度者为多、其 BOD 值在 500 毫克/升以上的情况很多，其中有浓度高达数万毫克/升的，亦并不罕见。

⑥ 废水中氮、磷含量高的情况多。在肉类、豆类和动物胶加工时，从蛋白质中产生氮，在水产品加工时，在鱼糕等精制品制作，火腿和腊肠的制作时，都使废水中的氮和磷增高。

食品工业废水本身无毒性，但含有大量可降解的有机物质，废

水若不经处理排入水体要消耗水中大量的溶解氧，造成水体缺氧，使鱼类和水生生物死亡。废水中的悬浮物沉入河底，在厌氧条件下分解，产生臭气恶化水质，污染环境。若将废水引入农田进行灌溉，会影响农业果实的食用，并污染地下水源。废水中夹带的动物排泄物，含有虫卵和致病菌，将导致疾病的传播，直接危害人畜健康，因此，食品工业废水必须进行处理。

保护环境，防止污染，首先应从厂内着手。如采用先进工艺或更新设备来降低排污；通过加强管理，减少跑、冒、滴、漏；回收废水中的有用物质；开展节约用水；对废水进行清污分流；对污染较轻的废水处理后回收利用。对需外排的废水要进行处理，将其中有害成分转化为无害的物质，使废水净化，达到排放的要求。

1.2 食品工业废水排放标准

1.2.1 污水综合排放标准（GB 8978—1996）有关食品工业内容

GB 8978—1996 规定肉类加工工业所排放的污水执行相应的国家行业标准，其他一切排放污水的食品生产单位一律执行本标准。

(1) 标准分级 排入 GB 3838—88（地面水环境质量标准）Ⅲ类水域（划定的保护区和游泳区除外）和排入 GB 3097—82（海水水质标准）中二类海域的污水，执行一级标准。排入 GB 3838 中Ⅳ、Ⅴ类水域和排入 GB 3097 中三类海域的污水，执行二级标准。排入设置二级污水处理厂的城镇排水系统的污水，执行三级标准。排入未设置二级污水处理厂的城镇排水系统的污水，必须根据排水系统出水受纳水域的功能要求，分别执行上述规定。

GB 3838 中Ⅰ、Ⅱ类水域和Ⅲ类水域中划定的保护区，GB 3097 中一类水域，禁止新建排污口，现有的排污口应按水体功能要求，实行污染物总量控制，以保证受纳水体水质符合规定用途的水质标准。

(2) 标准值本标准将排放的污染物按其性质及控制方法分为二类。

第一类污染物，不分行业和污水排放方式，也不分受纳水体的功能类别，一律在车间或车间处理设施排放口采样，其最高允许排放浓度必须达到本标准要求。

第二类污染物，在排污单位排放口采样，其最高允许排放浓度必须达到本标准要求。

本标准按年限规定了第一类污染物和第二类污染物最高允许排放浓度及部分行业最高允许排水量，并根据单位建设时间不同执行不同的规定。1997年12月31日之前建设（包括改、扩建）的单位，水污染物的排放必须同时执行表1-1和表1-2、表1-3的规定；1998年1月1日起建设（包括改、扩建）的单位，水污染物的排放必须同时执行表1-1和表1-4、表1-5的规定。建设（包括改、扩建）单位的建设时间，以环境影响评价报告书（表）批准日期为准划分。

表 1-1 第一类污染物最高允许排放浓度 / (mg/L)

序号	污染物	最高允许排放浓度	序号	污染物	最高允许排放浓度
1	总汞	0.05	8	总镍	1.0
2	烷基汞	不得检出	9	苯并 [a] 芘	0.00003
3	总镉	0.1	10	总铍	0.005
4	总铬	1.5	11	总银	0.5
5	六价铬	0.5	12	总 α 放射性	1Bq/L
6	总砷	0.5	13	总 β 放射性	10Bq/L
7	总铅	1.0			

表 1-2 第二类污染物最高允许排放浓度 / (mg/L)

(1997年12月31日之前建设的单位)

序号	污染物	适用范围	一级标准	二级标准	三级标准
1	pH 值	一切排污单位	6~9	6~9	6~9
2	色度(稀释倍数)	其他排污单位*	50	80	—
3	悬浮物(SS)	其他排污单位	70	200	400

续表

序号	污染物	适用范围	一级标准	二级标准	三级标准
4	五日生化需氧量 (BOD ₅)	甘蔗制糖、苧麻脱胶、湿法纤维板工业	30	100	600
		甜菜制糖、酒精、味精、皮革、化纤浆粕工业	30	150	600
		其他排污单位	30	60	300
5	化学需氧量 (COD)	甜菜制糖、焦化、合成脂肪酸、湿法纤维板、染料、洗毛、有机磷农药工业	100	200	1000
		味精、酒精、医药原料药、生物制药、苧麻脱胶、皮革、化纤浆粕工业	100	300	1000
		其他排污单位	100	150	500
6	石油类	一切排污单位	10	10	30
7	动植物油	一切排污单位	20	20	100
8	挥发酚	一切排污单位	0.5	0.5	2.0
9	总氰化合物	其他排污单位	0.5	0.5	1.0
10	硫化物	一切排污单位	1.0	1.0	2.0
11	氨氮	其他排污单位	15	25	—
12	氟化物	低氟地区 (水体含氟量 < 0.5mg/L)	10	20	30
		其他排污单位	10	10	20
13	磷酸盐 (以P计)	一切排污单位	0.5	1.0	—
14	甲醛	一切排污单位	1.0	2.0	5.0
15	苯胺类	一切排污单位	1.0	2.0	5.0
16	硝基苯类	一切排污单位	2.0	3.0	5.0
17	阴离子表面活性剂 (LAS)	其他排污单位	5.0	10	20
18	总铜	一切排污单位	0.5	1.0	2.0
19	总锌	一切排污单位	2.0	5.0	5.0
20	总锰	合成脂肪酸工业	2.0	5.0	5.0
		其他排污单位	2.0	2.0	5.0

注：其他排污单位包括食品工业企业，下同。

表 1-3 部分行业最高允许排水量
(1997 年 12 月 31 日之前建设的单位)

序号	行业类别		最高允许排水量或 最低允许水重复利用率	
1	制糖工业	甘蔗制糖	10.0m ³ /t (甘蔗)	
		甜菜制糖	4.0m ³ /t (甜菜)	
2	发酵、酿造工业	酒精工业	以玉米为原料	100.0m ³ /t (酒精)
			以薯类为原料	80.0m ³ /t (酒精)
			以糖蜜为原料	70.0m ³ /t (酒精)
		味精工业	600.0m ³ /t (味精)	
		啤酒工业 (排水量不包括麦芽水部分)	16.0m ³ /t (啤酒)	

表 1-4 第二类污染物最高允许排放浓度/(mg/L)
(1998 年 1 月 1 日后建设的单位)

序号	污染物	适用范围	一级标准	二级标准	三级标准
1	pH 值	一切排污单位	6~9	6~9	6~9
2	色度 (稀释倍数)	一切排污单位	50	80	—
3	悬浮物 (SS)	其他排污单位	70	150	400
4	五日生化需氧量 (BOD ₅)	甘蔗制糖、苧麻脱胶、湿法纤维板、染料、洗毛工业	20	60	600
		甜菜制糖、酒精、味精、皮革、化纤浆粕工业	20	100	600
		其他排污单位	20	30	300
5	化学需氧量 (COD)	甜菜制糖、合成脂肪酸、湿法纤维板、染料、洗毛、有机磷农药工业	100	200	1000
		味精、酒精、医药原料药、生物化工、苧麻脱胶、皮革、化纤浆粕工业	100	300	1000
		其他排污单位	100	150	500
6	石油类	一切排污单位	5	10	20

续表

序号	污 染 物	适 用 范 围	一 级 标 准	二 级 标 准	三 级 标 准
7	动植物油	一切排污单位	10	15	100
8	挥发酚	一切排污单位	0.5	0.5	2.0
9	总氰化合物	一切排污单位	0.5	0.5	1.0
10	硫化物	一切排污单位	1.0	1.0	1.0
11	氨氮	其他排污单位	15	25	—
12	氟化物	低氟地区(水体含氟量 $<0.5\text{mg/L}$)	10	20	30
		其他排污单位	10	10	20
13	磷酸盐(以P计)	一切排污单位	0.5	1.0	—
14	甲醛	一切排污单位	1.0	2.0	5.0
15	苯胺类	一切排污单位	1.0	2.0	5.0
16	硝基苯类	一切排污单位	2.0	3.0	5.0
17	阴离子表面活性剂(LAS)	一切排污单位	5.0	10	20
18	总铜	一切排污单位	0.5	1.0	2.0
19	总锌	一切排污单位	2.0	5.0	5.0
20	总锰	合成脂肪酸工业	2.0	5.0	5.0
		其他排污单位	2.0	2.0	5.0
21	元素磷	一切排污单位	0.1	0.1	0.3
22	有机磷农药(以P计)	一切排污单位	不得检出	0.5	0.5
23	乐果	一切排污单位	不得检出	1.0	2.0
24	对硫磷	一切排污单位	不得检出	1.0	2.0
25	甲基对硫磷	一切排污单位	不得检出	1.0	2.0
26	马拉硫磷	一切排污单位	不得检出	5.0	10
27	五氯酚及五氯酚钠(以五氯酚计)	一切排污单位	5.0	8.0	10

续表

序号	污 染 物	适 用 范 围	一 级 标 准	二 级 标 准	三 级 标 准
28	可吸附有机卤化物(AOX)(以Cl计)	一切排污单位	1.0	5.0	8.0
29	三氯甲烷	一切排污单位	0.3	0.6	1.0
30	四氯化碳	一切排污单位	0.03	0.06	0.5
31	三氯乙烯	一切排污单位	0.3	0.6	1.0
32	四氯乙烯	一切排污单位	0.1	0.2	0.5
33	苯	一切排污单位	0.1	0.2	0.5
34	甲苯	一切排污单位	0.1	0.2	0.5
35	乙苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
36	邻二甲苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
37	对二甲苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
38	间二甲苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
39	氯苯	一切排污单位	0.2	0.4	1.0
40	邻二氯苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
41	对二氯苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
42	对硝基氯苯	一切排污单位	0.5	1.0	5.0
43	2,4-二硝基氯苯	一切排污单位	0.5	1.0	5.0
44	苯酚	一切排污单位	0.3	0.4	1.0
45	间甲酚	一切排污单位	0.1	0.2	0.5
46	2,4-二氯酚	一切排污单位	0.6	0.8	1.0
47	2,4,6-三氯酚	一切排污单位	0.6	0.8	1.0
48	邻苯二甲酸二丁酯	一切排污单位	0.2	0.4	2.0
49	邻苯二甲酸二辛酯	一切排污单位	0.3	0.6	2.0
50	丙烯腈	一切排污单位	2.0	5.0	5.0
51	总硒	一切排污单位	0.1	0.2	0.5
52	总有机碳(TOC)	其他排污单位	20	30	—

表 1-5 部分行业最高允许排水量

(1998 年 1 月 1 日后建设的单位)

序号	行业类别		最高允许排水量或 最低允许水重复利用率	
1	制糖工业	甘蔗制糖	10.0m ³ /t (甘蔗)	
		甜菜制糖	4.0m ³ /t (甜菜)	
2	发酵、 酿造工业	酒精工业	以玉米为原料	100.0m ³ /t (酒精)
			以薯类为原料	80.0m ³ /t (酒精)
			以糖蜜为原料	70.0m ³ /t (酒精)
		味精工业		600.0m ³ /t (味精)
		啤酒工业 (排水量不包括麦芽水部分)		16.0m ³ /t (啤酒)

1.2.2 肉类加工工业水污染物排放标准 (GB 13457—92)

GB 13457—92 有关标准分级的规定与 GB 8978—1996 相同。标准值见表 1-6。

1.3 食品工业废水的处理方法

废水处理单元方法,按作用原理可分为物理法、化学法和生物法三类。每一类中又有若干种工艺和设备。

1.3.1 物理法

用于食品工业废水处理的物理法有筛滤、撇除、调节、沉淀、气浮、离心分离、过滤、微滤等。前五种工艺多用于预处理或一级处理,后三种主要用于深度处理。

(1) 筛滤 筛滤是预处理中使用最广泛的一种方法。主要作用是从废水中分离出较粗的分散性悬浮固体物。所用的设备有格栅和格筛。

格栅拦截较粗的悬浮固体,其作用是保护水泵和后续处理设备。食品工业废水中常用的格筛有固定筛、转动筛和震动筛等,格筛最常用的孔径是 10~40 目。

(2) 撇除 某些食品工业废水中含有大量的油脂,这些油脂必

续表

指标及级别	1992年7月1日起立项的建设项目及建成后投产的企业按本栏执行						1989年1月1日至1992年6月30日立项的建设项目及建成后投产的企业按本栏执行	1989年1月1日之立项的建设项目及建成后投产的企业按本栏执行
	畜类屠宰加工		肉制品加工		禽类屠宰加工			
	排放浓度/(mg/L)	排放总量/(kg/t活屠重)	排放浓度/(mg/L)	排放总量/(kg/t活屠量)	排放浓度/(mg/L)	排放总量/(kg/t活屠量)		
pH值	一级	6.0~8.5	6.0~8.5	6.0~8.5	6.0~8.5	6.0~8.5	6~9	
	二级							
	三级							
大肠菌群数/(个/L)	一级	5000	5000	5000	5000	5000	5000	
	二级	10000	10000	10000	10000	—	—	
	三级	—	—	—	—	—	—	
排水量/(m ³ /t活屠重) (m ³ /t原料肉)	一级	6.5	5.8	5.8	18.0	18.0	7.2	
	二级							
	三级							
工艺参考指标	油脂回收率/%	>75	>75	>75	>75	>75	—	
	血液回收率/%	>80	—	—	>80	>80	—	
	肠胃内容物回收率/%	>60	—	—	>50	>50	—	
毛羽回收率/%	>90	—	—	>90	>90	>90	—	
	>15	>15	>15	>15	>15	>15	—	

注：活屠重指被屠宰畜、禽的活重；原料肉指作为加工肉制品原料的冻肉或鲜肉。

须在进入生物处理工艺前予以除去，否则会造成管道、水泵和一些设备的堵塞，还会对生物处理工艺造成一定的影响。此外，油脂除去并回收又有较大的经济价值。

废水中的油脂根据其物理状态可分为游离漂浮状和乳化状两大类。通常用隔油池除去漂浮状油脂。隔油池对漂浮状油脂的除去率可达 90% 以上。如果处理流程中设有调节池或沉淀池，则隔油池可与调节池或初沉池合用同一构筑物，可节省投资和占地。对小型处理系统，可设油水分离器撇油。

(3) 调节 对于水质水量变化幅度大的食品工业废水，常设置调节池对废水的水质和水量进行调节，调节时间一般为 6~24h，多为 6~12h 左右。调节池容量为日处理废水量的 15%~50%。

(4) 沉淀 沉淀是用来除去原废水中无机固体物和有机固体物，以及分离生物处理工艺中的固相和液相。用沉砂池除去原废水中的无机固体物；用初沉池除去原废水中的有机固体物；用二沉池分离生物处理工艺中的生物相和液相，沉砂池一般设在格栅和格筛之后。为了清除废水中无机固体物表面的有机物，避免废水中有机固体物在沉砂池中产生沉淀，可采用曝气沉砂池。采用初沉池可降低后续工艺的负荷。初沉池除去悬浮固体的效果与加工的原料和产品有关。按池中的水流方向分平流沉淀池、竖流沉淀池、辐流沉淀池。为了提高沉淀池的沉淀效率，可在沉淀池内设置平行的斜板或斜管而成斜板（管）沉淀池。一般沉淀时间 1.5~2.0h。

(5) 气浮 气浮主要用于除去食品工业废水中的乳化油、表面活性物质和其他悬浮固体。有真空式气浮、加压溶气气浮和散气管（板）式气浮。应用最普遍的是加压溶气气浮。当废水进入溶气气浮池之前，往水中投加化学混凝剂或助凝剂，可提高乳化油脂和胶体悬浮颗粒的除去率。据资料介绍，气浮可除去 90% 以上的油脂和 40%~80% 的 BOD_5 和 SS。气浮池 HRT 一般 30min。

(6) 其他处理工艺 为了解决用水紧张问题，须将处理后的水回用，为此，需对二级处理出水进行深度处理。最常用的方法是过滤，可采用砂滤池或复合滤料滤池。按滤速大小分慢速砂滤池和快

滤池（重力式、压力式和多层式）。一般单层砂滤池的滤速为 8~12m/h。

1.3.2 化学法

中和法、氧化还原法（投加氧化剂、电解、光氧化等）、混凝法、离子交换法、膜分离法（电渗析法、反渗透法等）都属于化学处理法。

食品工业废水处理中所用的化学处理工艺主要是混凝法。混凝法不能单独使用，必须与物理处理工艺的沉淀法、澄清法或气浮法结合使用，构成混凝沉淀或混凝气浮，混凝沉淀可作为生物处理的预处理，也可作为生物处理后的深度处理。常用的混凝剂有石灰、硫酸铝、三氯化铁，聚合氯化铝、聚合硫酸铁以及有机高分子混凝剂（如聚丙烯酰胺），但这种有机高分子混凝剂经常作为助凝剂。化学处理工艺主要除去水中的细微悬浮物和胶体杂质。

1.3.3 生物法

生物处理工艺可分为好氧工艺、厌氧工艺、稳定塘、土地处理以及由上述工艺的结合而形成的各种各样的组合工艺。食品工业废水是有机废水，生物法是主要的二级处理工艺，目的在于降解 COD、BOD₅。

（1）好氧生物处理工艺 好氧生物处理工艺根据所利用的微生物的生长形式分为活性污泥工艺和膜法工艺。前者包括传统活性污泥法、阶段曝气法、生物吸附法、完全混合法、延时曝气法、氧化沟、间歇活性污泥法（SBR）等。后者包括生物滤池、塔式生物滤池、生物转盘（筒）、活性生物滤池（ABF）、生物接触氧化法、好氧流化床等。一般好氧处理对低浓度废水（COD<1000mg/L，BOD₅<500mg/L）效果较好。

活性污泥工艺 采用活性污泥工艺处理食品工业废水的有机负荷范围在 0.01~0.5kgBOD/(kgMLVSS·d) 之间，混合液悬浮固体的浓度保持在 2500mg/L，运行正常的活性污泥系统中 BOD 除去率通常超过 90%。有些食品加工废水（如酿酒废水和乳品加工废水）采用活性污泥工艺会出现污泥膨胀问题，其原因是有机负荷过高（超过 0.4kgBOD/(kgMLVSS·d)），或是营养物缺乏。

膜法工艺 膜法工艺处理食品加工废水时，生物滤池一般采用两级串联运行。第一级一般按高负荷生物滤池设计，水力负荷为 $8\sim 40\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ，有机负荷为 $0.4\sim 4.8\text{kgBOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ；第二级一般按生物滤池设计，水力负荷为 $1\sim 4\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ，有机负荷为 $0.08\sim 0.40\text{kgBOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。用生物滤池处理高浓度的肉类加工废水和啤酒废水时，滤池易堵，运行不易正常。而塔式生物滤池水力负荷可达 $90\sim 150\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ，有机负荷达 $1.1\sim 2.4\text{kgBOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ，耐冲击负荷能力强，不易发生堵塞。

把活性生物滤池 (ABF) 与活性污泥法两种工艺相串联，二沉池污泥回送到滤池进水中的方法处理高浓度的食品工业废水，不仅可防止活性污泥的膨胀，并且能承受冲击负荷。活性生物滤池的水力负荷可达 $60\sim 120\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ，有机负荷达 $2.4\sim 4.8\text{kgBOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

生物接触氧化法具有活性污泥法和膜法两者的优点，其有机负荷与进水有机物浓度有关。

采用生物转盘处理食品工业废水时，有机物除去率与单位盘面负荷有关，单位盘面负荷愈低，处理效率愈高。

(2) 厌氧生物处理工艺 厌氧生物处理工艺适用于食品工业废水，主要原因是废水中含易生物降解的高浓度有机物，且无毒性。此外，厌氧处理动力消耗低，产生的沼气可作为能源，生成的剩余污泥量少，厌氧处理系统全部密闭，利于改善环境卫生，可以季节性或间歇性运转，污泥可长期贮存。因此，厌氧生物处理是一项具有经济效益的处理技术。但是，厌氧生物处理后的出水达不到直接排入水体的要求，它一般作为好氧工艺的前处理，或者作为排放到城市下水道之前的预处理。

厌氧生物处理工艺也可分为厌氧活性污泥法和厌氧生物膜法。前者包括厌氧接触消化法、升流式厌氧污泥床 (UASB)、水力循环厌氧接触池等，后者有厌氧生物滤池、厌氧生物转盘、厌氧膨胀床、厌氧流化床等。

厌氧接触消化法 厌氧接触消化法是对传统消化池的一种

改进。是将消化池溢出的混合液脱除溶解气体，经沉淀池分离固体物，再将沉淀池的污泥回流入消化池。由于增加了污泥的停留时间，因而提高了厌氧消化池的负荷能力和处理效率。

厌氧滤池（AF）厌氧滤池属生物膜法，由于填料上附着大量的厌氧微生物，因而负荷能力较高，具有结构简单，耐冲击负荷，操作简便的优点，但易堵塞。

国外应用厌氧接触法和厌氧滤池处理食品工业废水的实例较多，荷兰 Biothane 公司建造的部分处理系统见表 1-7。

表 1-7 Biothane 公司建立的处理食品工业废水的厌氧生物膜系统

（截至 1994 年 4 月）

工厂名称	国家	废水类型	时间	反应器类型	设计能力 /($\text{tCOD} \cdot \text{d}^{-1}$)	反应器容积 / m^3
Gist-brocades, Delft	荷兰	酵母、抗菌素	1984	上流式 厌氧滤器	20	2×380
Gist-brocades, Prouvy	法国	贝克氏酵母	1984	同上	7	2×125
Gist-brocades, Delft	荷兰	酵母、抗菌素	1985	同上	20	2×380
Uniferm, Monheim	前西德	贝克氏酵母	1985	同上	3.5	125
Heineiken, Zoeterwoude	荷兰	啤酒	1992	同上	15.0	780
Midwest Grain Pr.	美国	玉米制酒精	1993	同上	27.2	1750
Midwest Grain Pr.	美国	玉米制酒精	1993	同上	19.0	1200
Biomel GmbH, Dessau	德国	酒精	1994	同上	2.8	250
Anheuser Busch, Newark	美国	啤酒	1994	同上	84.1	4×1300
Anheuser Busch, los Angeles	美国	啤酒	1994	同上	84.1	4×1300
Anheuser Busch, St. louis	美国	啤酒	1994	同上	137.3	6×1300
Haagen-Dazs, Arras	法国	冰淇淋	1992	厌氧接触	4.3	2900
Onion Specialists	荷兰	洋葱加工	1993	厌氧接触	0.8	300

UASB 工艺 UASB 是一种高效厌氧反应器。具有结构紧凑、简单 无需搅拌装置 负荷能力高、污泥颗粒化 处理效果好 操作管理简便等优点。图 1-1 是 UASB 的结构示意图。其设计关键是布水系统、气液固三相分离器 and 集水系统的设计。表 1-8 为日本几种废水 UASB 法处理实例比较。表 1-9 为 UASB 法与其他生物法的比较。

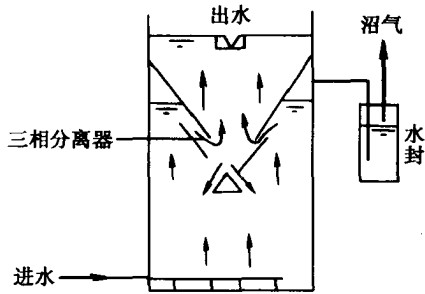


图 1-1 UASB 结构示意图

表 1-8 日本污水 UASB法处理实例比较

项目	排水种类	土豆加工	啤酒制造	造纸	城市污水
原水	水温/°C	25~35	35	60~70	20~28
	COD/(mg/L)	10000	1700	2000	500
	BOD ₅ /(mg/L)	8000	1100	900	350
处理条件	水温/°C	23	35	52	25
	BOD ₅ 负荷/[kg/(m ³ ·d)]	12.0	6.5	11.0	3.5
	COD 负荷/[kg/(m ³ ·d)]	15.0	10.0	25.0	5.0
	停留时间/h	16.0	4.0	2.0	2.4
处理结果	BOD ₅ /(mg/L)	800	90	90	35
	去除率/%	90	92	90	90
	COD/(mg/L)	1500	200	700	100
	去除率/%	85	88	65	80

表 1-9 不同污水处理方式的比较

项 目	UASB 反应池	常规厌氧处理法	标准活性污泥法
原水 COD/(mg/L)	1000~20000	10000	<800
有机物负荷 COD/[kg/(m ³ ·d)]	5~30	3~6	0.3~1.2
去除率/%	90~95	50~70 ^②	95~99
最终生成物	甲烷、二氧化碳	甲烷、二氧化碳	水、二氧化碳
产生可燃气体量	大	中	无
耗电量/(kW·h/m ³ 污水)	0.04~0.30	0.04~0.50	0.25~0.50
剩余污泥量 ^①	20~30	20~30	100
占地面积 ^①	20~30	20~30	100

以标准活性污泥法为基准进行比较；

处理后的水不能直接排放。

在国外比较普遍采用 UASB 反应器处理食品工业废水。仅荷兰 Biothane 公司就设计建造了上百套 UASB 装置（见表 1-10）。

表 1-10 荷兰 Biothane 公司建立的处理食品发酵工业废水的 UASB 系统（截至 1994 年 2 月）

序号	工厂名称	国家	废水类型	时间 /a	设计 能力 /(tCOD·d ⁻¹)	反应器 容积 /m ³
1	CSM, Breda	荷兰	糖液生产	1976	0.6	30
2	CSM, Halfweg	荷兰	甜菜制糖	1978	18	800
3	Suiker Unie	荷兰	甜菜制糖	1979	28	1425
4	Farm Frites	荷兰	土豆加工	1980	1.6	230
5	Fritesspecialist	荷兰	土豆加工	1980	3.2	400
6	Avebe, Foxhol	荷兰	土豆淀粉	1980	17.5	1700
7	CSM, Breda	荷兰	甜菜制糖	1980	17.5	1300
8	Cisac, Cressier	瑞士	土豆加工	1980	5.0	600
9	Heileman, La Crosse	美国	啤酒厂	1981	66	4600
10	Aviko, Steenderen	荷兰	土豆加工	1981	16	1525
11	Zuckerfabrik Brühl	前西德	甜菜制糖	1981	18	1500
12	CSM, Vierverlaten	荷兰	甜菜制糖	1981	33	1700
13	Suiker Unie	荷兰	甜菜制糖	1981	26	1800
14	Avebe, De krim	荷兰	土豆淀粉	1981	60	5500
15	R. A. de Jong, Franeker	荷兰	糖果厂	1981	1.1	100
16	Nedalco, Bergen op Zoom	荷兰	酒精生产	1981	11	700
17	Colby Coop, Caribou	美国	土豆淀粉	1982	20	1800
18	Sugana Zucker, Enns	奥地利	甜菜制糖	1982	25	3040
19	Franken Zucker	前西德	甜菜制糖	1982	21.5	2300
20	Franken Zucker	前西德	酒精生产	1982	21.5	2300
21	Smith Food Group	荷兰	土豆加工	1982	2.4	420
22	Latenstein Zetmeel	荷兰	小麦淀粉	1982	3.3	500
23	Suomen, Nestesokeri	芬兰	燕麦淀粉	1982	3.1	420
24	Ore-lda Foods, plover	美国	土豆加工	1982	11.4	2000
25	Suiker Unie, Roosendaal	荷兰	甜菜制糖	1983	15.5	1200
26	Eagle Yeast, Old Bridge	美国	贝克氏酵母	1983	51.4	5000
27	Bunge Bioproducts	澳大利亚	小麦淀粉	1983	39.0	4200
28	Thailand(11个工厂)	泰国	酒精生产	1984	45.0	3000
29	Fleischmann's Yeast	美国	贝克氏酵母	1984	18.6	1800
30	Pillsbury	美国	蔬菜罐头	1985	5.5	600