

附件三：

《升流式厌氧污泥床污水处理工程技术规范 (征求意见稿)》编制说明

《升流式厌氧污泥床污水处理工程技术规范》编制组

目 次

1 任务来源	1
2 标准制定的必要性	1
3 主要工作过程	1
4 UASB 工艺的特点及现状	1
4.1 UASB 工艺的发展及国内外应用现状.....	1
4.2 UASB 工艺的主要特点	8
5 规范的主要内容说明	9
5.1 UASB 工艺的适用性	9
5.2 水量和水质	9
5.3 预处理的选择	10
5.4 UASB 反应器系统	12
5.5 剩余污泥	15
5.6 沼气系统	15
5.7 检测与控制	17
5.8 施工与验收	17
5.9 运行与维护	17
6 与现行法律、法规及其它标准的关系	21
7 实施本规范的管理措施建议	21

1 任务来源

2008年原国家环境保护总局下达了“关于开展2008年国家环境保护标准制修订项目工作的通知（环办函[2008]44号）”，其中提出了制定《污水厌氧生物处理工程技术规范—升流式厌氧污泥床法》（项目编号1453.12号）行业标准的任务。中国环境保护产业协会承担该标准的编制工作，参加本标准编制的单位还有清华大学、北京市环境保护科学研究院、山东十方环保能源有限公司。

2 标准制定的必要性

升流式厌氧污泥床工艺目前在我国工业废水处理工程实践中已得到广泛应用。很多管理部门、设计部门、技术研究单位，在从事升流式厌氧污泥床法污水处理工程的设计及运行管理工作中已积累了一些实践经验，但是目前国内尚缺乏可操作性的技术规范用以指导升流式厌氧污泥床法污水处理设施的建设与运行。据调查发现，由于长期以来缺乏规范指导，无论在工程建设还是设施运行管理方面都存在一些问题，影响了污水处理设施效能的充分发挥。因此，总结国内外升流式厌氧污泥床的技术发展与应用经验，编制升流式厌氧污泥床法技术规范，对正确应用和科学管理采用升流式厌氧污泥床工艺的污水处理厂（站）具有积极的意义。使基于升流式厌氧污泥床工艺的污水处理设施从建设到运行全过程能够有一个技术规范进行控制，对于保证升流式厌氧污泥床工艺处理工程的建设质量和稳定运行，以及保证环境保护主管部门的有序监管都具有重要的意义。另外，本规范的编写也是废水处理工艺方法标准体系建设的重要内容。

3 主要工作过程

本标准编制组于2008年12月成立，编制工作从国内外相关标准和文献的资料调研开始，对国内外升流式厌氧污泥床工艺相关的规范、技术资料 and 工程实例进行了广泛的调研，编制了开题报告和编制大纲。2008年12月，国家环保总局科技司在京组织召开了开题论证会，与会专家认为工作基础扎实、技术路线合理、编制方案可行，同意开题。2009年12月，形成了规范初稿，并报中国环保产业协会。2010年5月在京召开征求意见稿的预审会，经有关专家审议后将规范名称修改为“升流式厌氧污泥床污水处理工程技术规范”，期间经过反复修改于2010年8月形成了征求意见稿及其编制说明。

4 UASB 工艺的特点及现状

4.1 UASB 工艺的发展及国内外应用现状

UASB 处理工艺是由荷兰 Wageningen 农业大学的教授 Lettinga 等人于 1972 年~1978 年间开发研制的一项污水厌氧生物处理技术。这种反应器是在过去厌氧反应器实验和运行的基础上发展起来的，是比较成熟的技术，并于 80 年代初开始在高浓度有机工业废水处理领域得到广泛应用。1982 年西欧及美国先后建成了生产装置 17 座，其中最大规模的为奥地利

Sugana 公司处理甜菜制糖废水的装置，容积 3040m³，日处理能力为 25000kgCOD。其后，荷兰、瑞典、比利时和美国的研究者用 UASB 反应器进行了土豆加工废水、蚕豆加工废水、屠宰废水、罐头制品加工废水、甲醇废水、乙醇废水及纤维板废水处理的小试或生产性试验都取得了较好的成果。据不完全统计，至 1990 年，世界各地已有 205 个生产规模的 UASB 系统投入了运行，到 1993 年这个数字增至 400 多。该技术在国外已经发展成为厌氧处理的主流技术之一。

我国是从 20 世纪 80 年代初开始对 UASB 反应器进行起步研究的，起初在实验室内比较系统地研究了 UASB 反应器内培养颗粒污泥的规律，并在常温和中温条件下成功培养出了厌氧颗粒污泥。“七五”期间(1986~1990)，国家把“高浓度有机废水厌氧生物处理技术”列入重点环保研究课题，掀起了我国研究废水厌氧生物处理技术的第一次高潮，以清华大学环境工程系为首的我国多家研究单位参与了攻关研究，对 UASB 等现代厌氧生物反应器的运行工艺进行了较为全面深入的研究，特别是针对啤酒废水和酿造废水进行攻关，并开展了工程化的应用。“八五”期间(1991~1995 年)，在小试和中试研究的基础上，建立了一些示范工程。“九五”期间(1996~2000 年)，在 UASB 反应器的设备化和工程化方面取得了长足的进展，建成了多个生产性规模的 UASB 反应器。UASB 反应器是目前应用最为广泛的高速厌氧反应器，该技术在国内外已经发展成为厌氧处理的主流技术之一。

下面重点介绍国内几个选用 UASB 工艺的典型废水治理工程实例。

4.1.1 秦皇岛骊骅淀粉股份有限公司污水治理工程

秦皇岛骊骅淀粉股份有限公司年产玉米淀粉十五万吨。废水主要来源于玉米淀粉加工过程中的洗涤、浸泡、压滤、浓缩等工艺段，这些废水含有大量植物蛋白等污染物质，属高浓度有机废水。此废水的水质特点为有机污染物含量高；具有较高的 BOD 与 COD 比值，可生化性好；含有丰富的碳水化合物及氮磷等营养物质；pH 值呈酸性等。

本污水处理工程的设计水量及进出水水质见表 1、表 2，废水经处理后达到《中华人民共和国废水综合排放标准》(GB8978-1996)中的“一级”标准(98 年后新扩改)，处理工艺流程见图 1。该工程总投资 747.60 万元，污水处理运行费用 1.58 元/吨水。

表 1 秦皇岛骊骅淀粉污水治理工程设计水量及进水水质

项 目	单 位	项 目	单 位
水量	3780m ³ /d	无机氮	≤31.42mg/L
COD _{Cr}	≤11000mg/L	有机氮	≤189.16mg/L
BOD ₅	≤7000mg/L	总氮	≤220.58mg/L
SS	≤400mg/L	pH	4.8

表 2 秦皇岛骊骅淀粉污水治理工程出水水质

项 目	单位 (mg/L)	项 目	单位 (mg/L)
COD _{Cr}	≤100	氨氮	≤15
BOD ₅	≤20	pH	6-9
SS	≤70		

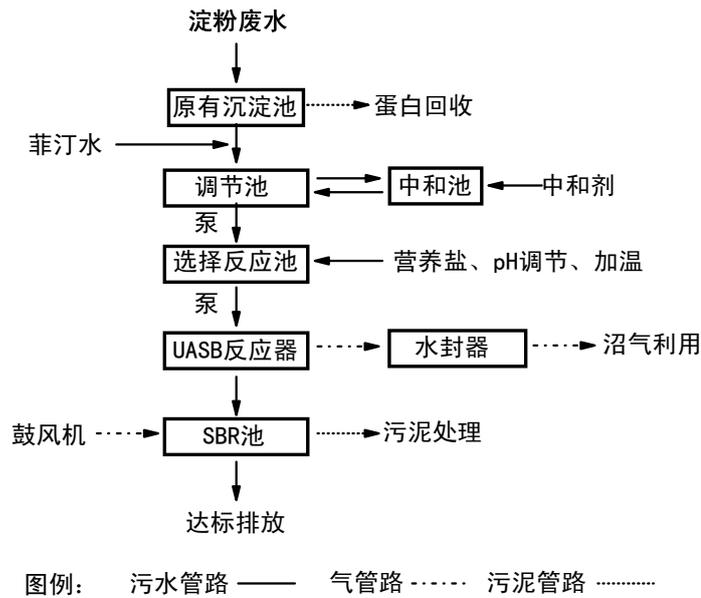


图1 秦皇岛骊骅淀粉股份有限公司污水处理工艺流程

4.1.2 临沂江泉肉制品有限公司肉联厂污水治理工程

肉联厂废水主要来自宰前饲养场排放的畜粪冲洗水；屠宰车间排放的含血污和畜粪的地面冲洗水；烫毛时排放的含大量兽毛的高温水；剖解车间排放的含肠胃内容物的废水等，此外，还有来自冷冻机房的冷却水和来自车间卫生设备、锅炉等排放的废水。

肉联厂废水的水质特点为水质、水量在一天内的变化比较大；有机污染物含量高。废水主要成分有牲畜粪便、血污、油脂、内脏残屑和无机盐类等，COD 一般在 1500mg/L~4000mg/L，最高时达 6000mg/L；可生化性较好，BOD/COD 大于 0.6；废水中含有大量的血污、毛皮、内脏残屑、食物残渣以及粪便等污染物，悬浮物含量高，水呈红褐色并有明显的腥臭味，且含有较多的病原菌。

本污水处理工程的设计水量及进出水水质见表 3、表 4，废水经处理后达到《肉类加工工业水污染排放标准》(GB13457-92)中的“一级”标准，处理工艺流程见图 2。该工程总投资 296.60 万元，污水处理运行费用 0.46 元/吨水。

表 3 临沂江泉肉制品污水治理工程设计水量及进水水质

项 目	单 位	项 目	单 位
水量	3000m ³ /d	NH ₃ -N	≤50mg/L
COD _{Cr}	≤2100mg/L	动植物油	≤150mg/L
BOD ₅	≤1200mg/L	pH	6.9~7.5
SS	≤1700mg/L		

表 4 临沂江泉肉制品污水治理工程出水水质

项 目	单位 (mg/L)	项 目	单位 (mg/L)
COD _{Cr}	≤80	动植物油	≤15
BOD ₅	≤25	pH	6.0-8.5
SS	≤60	大肠菌群数	≤5000 个/L
NH ₃ -N	≤15		

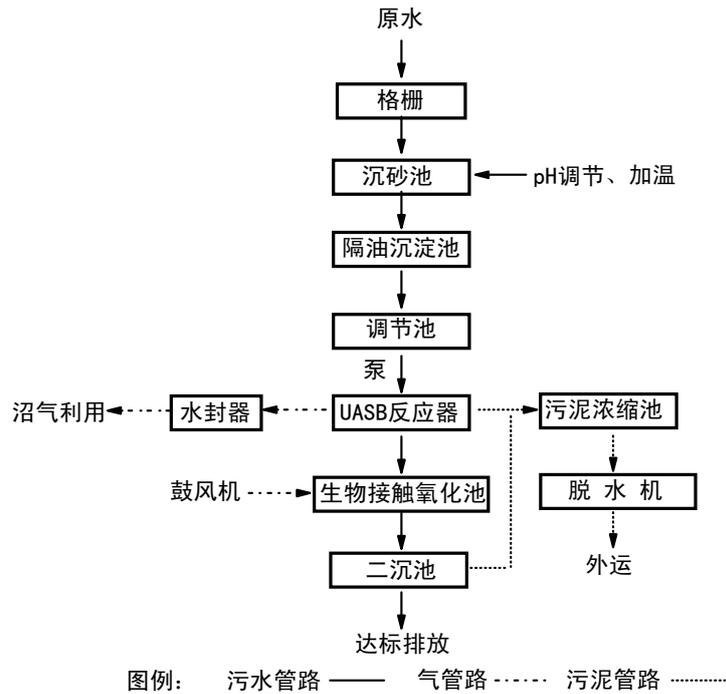


图 2 临沂江泉肉制品有限公司肉联厂污水治理工艺流程

4.1.3 德州华茂生物科技开发有限公司废水治理工程

该工程废水主要来自原料处理后剩余废水；发酵液经提取谷氨酸后废母液或离子交换尾液；生产过程中各设备的洗涤水；离子交换树脂洗涤与再生废水；液化至糖化、糖化至发酵等各阶段的冷却水；各种冷凝水（液化、糖化、浓缩等工艺）。

本废水的水质特点为冷却降温水，温度偏高，污染物含量低；废水排放量大，生产 1t 产品需排放废水 300t~500t，其中有机污染物 1t 以上，无机污染物 2t 以上；污染物浓度高，除含有丰富的有机物外，还含有 N、P、K 等少量无机盐及其它微量元素；pH 值较低，一般为 3~4，具有较强的酸性，主要成分是 Cl^- 或 SO_4^{2-} 。

本污水处理工程的设计水量及进出水水质见表 5、表 6，废水经处理后达到《中华人民共和国污水综合排放标准》(GB8978-1996)中的“二级”标准（98 年后新扩改），处理工艺流程见图 3。该工程总投资 510.70 万元，污水处理运行费用 0.98 元/吨水。

表 5 德州华茂生物科技开发有限公司废水治理工程设计水量及进水水质

项 目	四效蒸发液	精制废水	谷氨酸废水
水量	2000m ³ /d	500m ³ /d	1100m ³ /d
COD _{Cr}	≤800mg/L	≤800mg/L	≤4000mg/L
BOD ₅	≤250mg/L	≤250mg/L	≤1500mg/L
SS	≤150mg/L	≤150mg/L	≤300mg/L
SO ₄ ²⁻	-	-	≤100mg/L
NH ₃ -N	≤30mg/L	≤30mg/L	≤300mg/L
pH	5~6	5~6	2.8~4
温度	50℃	50℃	40℃

表 6 德州华茂生物科技开发有限公司废水治理工程设计出水水质

项 目	单 位 (mg/L)	项 目	单 位 (mg/L)
COD _{Cr}	≤150	NH ₃ -N	≤25
BOD ₅	≤30	pH	6~9
SS	≤150		

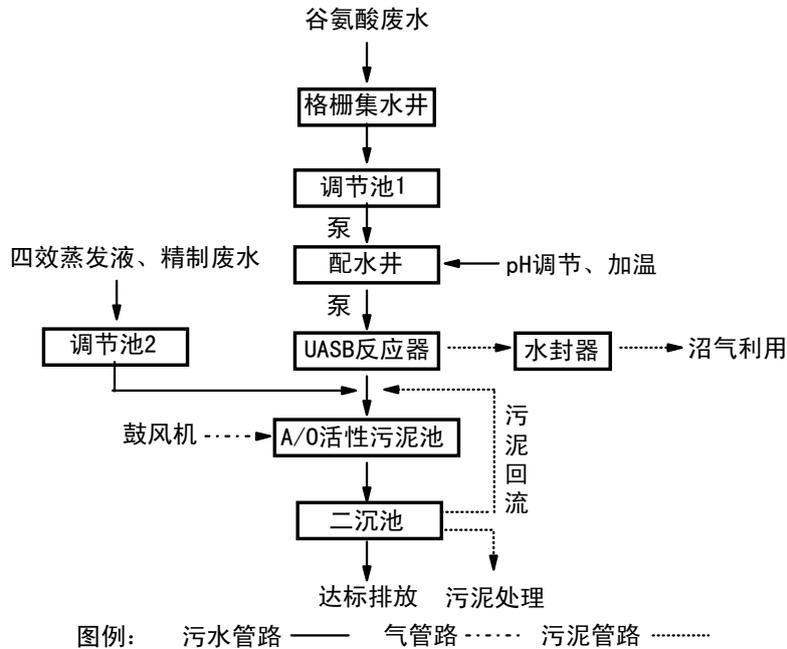


图 3 德州华茂生物科技开发有限公司废水治理工艺流程

4.1.4 上海东海啤酒有限公司废水治理工程

上海东海啤酒有限公司主要以大麦和大米为原料，辅以啤酒花和鲜酵母生产啤酒，目前年产啤酒 5 万吨，预计新增 12 万吨。废水主要包括：浸麦废水；糖化车间的糖化、过滤洗涤水；发酵过程的发酵罐洗涤、过滤洗涤水；灌装过程洗瓶、灭菌及破瓶啤酒；冷却水和成品车间洗涤水等。

本废水的水质特点为废水量较大；悬浮物含量较高；可生化性较好；季节性生产，导致不同季节水量变化较大。

本污水处理工程的设计水量及进出水水质见表 7、表 8，废水经处理后达到《中华人民共和国污水综合排放标准》(GB8978-1996)中的“一级”标准，处理工艺流程见图 4。该工程总投资 550.0 万元，污水处理运行费用 0.37 元/吨水。

表 7 上海东海啤酒有限公司废水治理工程设计水量及进水水质

项 目	单 位 (mg/L)	项 目	单 位 (mg/L)
水量	7000m ³ /d	SS	≤650
COD _{Cr}	≤2500	pH	7.5
BOD ₅	≤1500		

表 8 上海东海啤酒有限公司废水治理工程设计出水水质

项 目	单 位 (mg/L)	项 目	单 位 (mg/L)
COD _{Cr}	≤100	SS	≤70
BOD ₅	≤20	pH	6~9

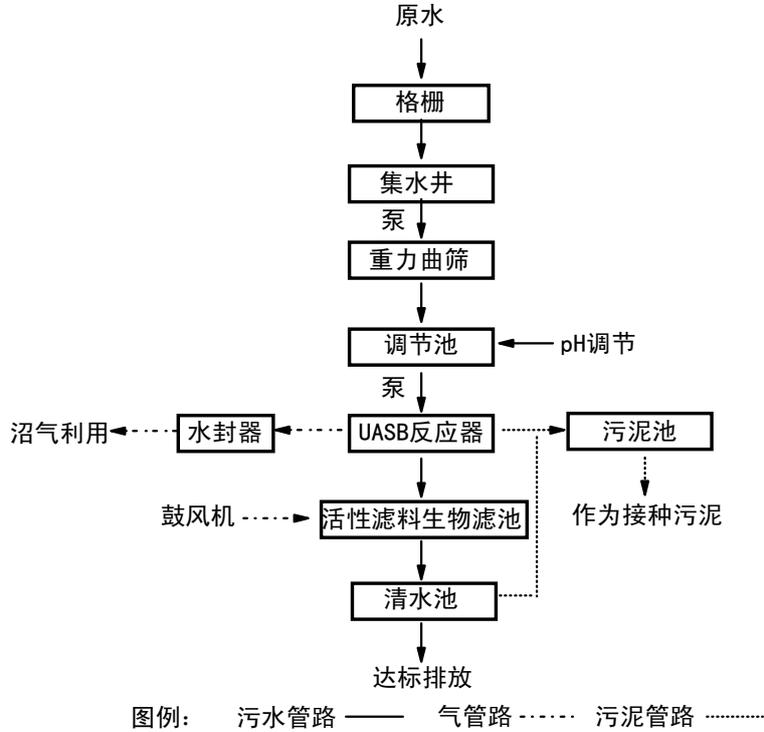


图 4 上海东海啤酒有限公司废水治理工艺流程

4.1.5 甘肃临泽雪晶淀粉化工有限公司废水治理工程

甘肃临泽雪晶淀粉化工有限公司主要通过生物发酵及提取工艺生产柠檬酸，废水主要包括：醪液过滤产生的废水；柠檬酸钙洗涤过程中产生的洗涤水；精提车间离子交换工段产生的废水；全厂产生的一些低浓度废水。

本废水的水质特点为污水 COD_{Cr}、BOD₅ 浓度较高，可生化性好；pH 值较低，污水呈酸性；温度较高；SS 沉降性能好。

本污水处理工程的设计水量及进出水水质见表 9、表 10，废水经处理后达到《中华人民共和国污水综合排放标准》(GB8978-1996)中的“一级”标准，处理工艺流程见图 5。该工程总投资 225.60 万元，污水处理运行费用 0.59 元/吨水。

表 9 甘肃临泽雪晶淀粉化工有限公司废水治理工程设计水量及进水水质

项 目	单 位 (mg/L)	项 目	单 位 (mg/L)
水量	800m ³ /d	SS	≤635
COD _{Cr}	≤8450	温度	60℃
BOD ₅	≤4950	pH	5.0

表 10 甘肃临泽雪晶淀粉化工有限公司废水治理工程设计出水水质

项 目	单 位 (mg/L)	项 目	单 位 (mg/L)
COD _{Cr}	≤100	SS	≤70
BOD ₅	≤30	pH	6~9

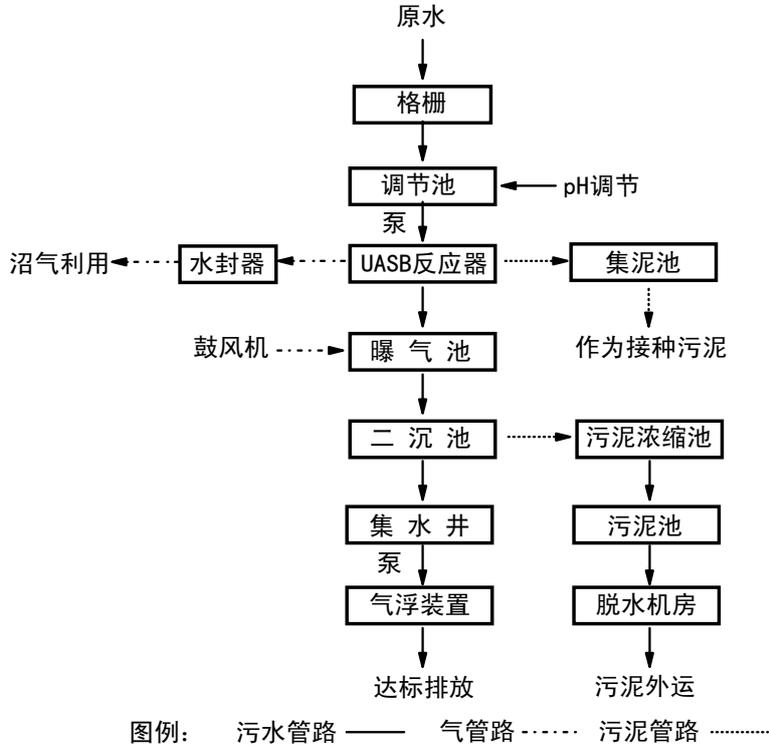


图 5 甘肃临泽雪晶淀粉化工有限公司废水治理工艺流程

4.1.6 浮来春酿酒（集团）股份有限公司废水治理工程

浮来春酿酒（集团）股份有限公司新建年产 6 万吨酒精车间，酒精醪液属于高浓度、高负荷、高温度的废液，是可生化性较好的高浓度有机废水。废水中主要含糖类、有机酸、蛋白质和纤维素等，有机物浓度很高，COD_{Cr} 达到 35000mg/L~50000mg/L，BOD₅ 达到 18000mg/L~30000mg/L。酒精糟液虽然污染物浓度高，但没有生物毒性，可生化性好。

本污水处理工程的设计水量及进出水水质见表 11、表 12，处理工艺流程见图 6。该工程总投资 2199.80 万元，污水处理运行费用 3.32 元/吨水。

表 11 浮来春酿酒（集团）股份有限公司废水治理工程设计水量及进水水质

项 目	酒精醪液	低浓度工艺水
水量	2600m ³ /d	800m ³ /d
COD _{Cr}	≤60000mg/L	≤1000mg/L
BOD ₅	≤30000mg/L	≤500mg/L
SS	≤25000mg/L	
TN	≤600mg/L	
SO ₄ ²⁻	≤300mg/L	

温度	70℃~80℃	
pH	4~4.5	

表 12 浮来春酿酒（集团）股份有限公司废水治理工程设计出水水质

项 目	单位 (mg/L)	项 目	单位 (mg/L)
COD _{Cr}	≤150	NH ₃ -N	≤25
BOD ₅	≤70	色度	≤80
SS	≤150	pH	6~9

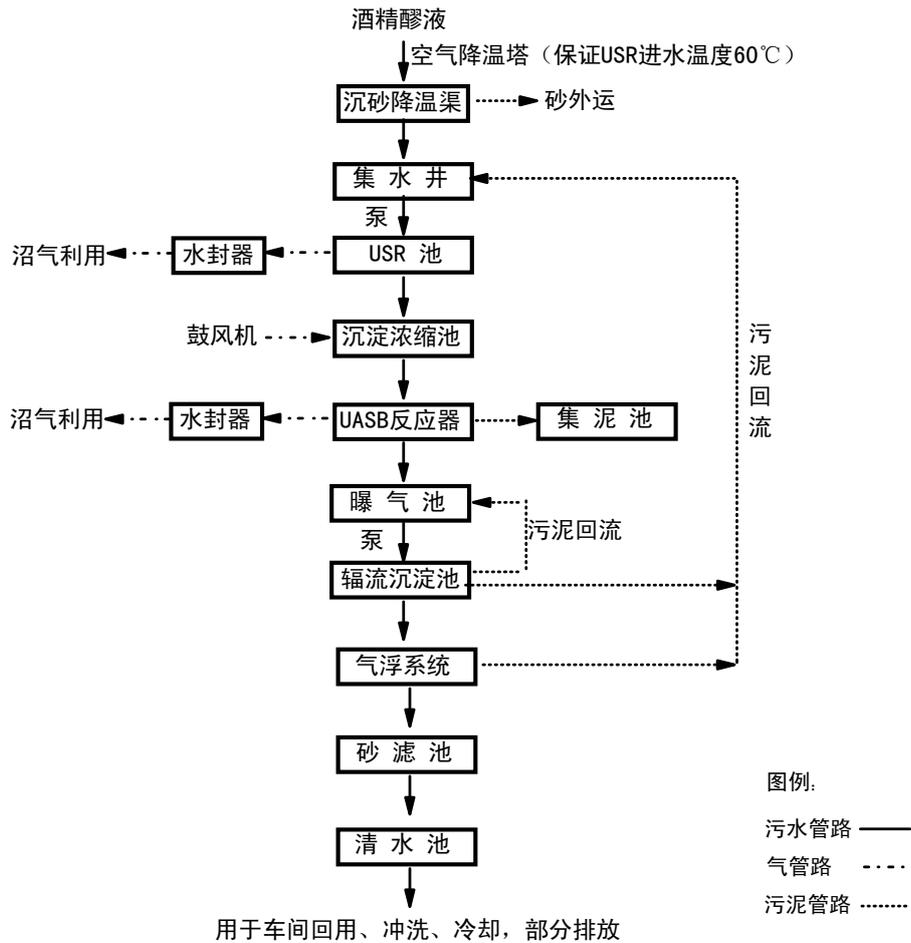


图 6 浮来春酿酒（集团）股份有限公司废水治理工艺流程

4.2 UASB 工艺的主要特点

(1) 利用微生物细胞固定化技术-污泥颗粒化

UASB 反应器利用微生物细胞固定化技术—污泥颗粒化，实现了水力停留时间和污泥停留时间的分离，从而延长了污泥泥龄，保持了高浓度的污泥。颗粒厌氧污泥具有良好的沉降性能和高比产甲烷活性，且相对密度比人工载体小，靠产生的气体来实现污泥与基质的充分接触，节省了搅拌和回流污泥的设备和能耗，也无需附设沉淀分离装置；同时反应器内不需投加填料和载体，提高了容积利用率，避免了堵塞问题，具有能耗低、成本低的特点。

(2) 由产气和进水的均匀分布所形成的良好的自然搅拌作用

在 UASB 反应器中，由产气和进水形成的上升液流和上窜气泡对反应区内的污泥颗粒产生重要的分级作用。这种作用不仅影响污泥颗粒化进程，同时还对形成的颗粒污泥的质量有很大的影响，同时这种搅拌作用实现了污泥与基质的充分接触。

(3) 设计合理的三相分离器的应用

三相分离器是 UASB 反应器中最重要的设备，它可收集从反应区产生的沼气，同时使分离器上的悬浮物沉淀下来，使沉淀性能良好的污泥能保留在反应器内。三相分离器的应用避免了铺设沉淀分离装置、脱气装置和回流污泥设备，简化了工艺，节约了投资和运行费用。

(4) 容积负荷率高

对中高浓度有机废水容积负荷可达 $20\text{kgCOD}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ，COD 去除率均可稳定在 80% 左右。

(5) 污泥产量低

与传统好氧工艺相比，污泥产量低，污泥产率一般为 $0.05\text{kgVSS}/\text{kgCOD} \sim 0.10\text{kgVSS}/\text{kgCOD}$ ，仅为活性污泥产泥量的 1/5 左右。反应器产生的剩余污泥又是新厌氧系统运行所必需的菌种。

(6) 能够回收生物能——沼气

沼气是一种发热量很高的可燃气体，特大型 UASB 系统产生的沼气可进行发电利用，并替代或补偿废水污染治理设施的电力消耗；中、小型 UASB 系统可结合生产实际情况进行沼气利用，如用于炊事、采暖或作为厌氧换热的热源。

5 规范的主要内容说明

本规范包括正文和附录两部分，其中正文部分共分十一章，包括规范的适用范围、规范性引用文件、术语和定义、总体要求、水量与水质、工艺设计、检测和控制、辅助工程、劳动安全与职业卫生、施工与验收、运行与维护。下面就规范中的几个主要方面进行说明。

5.1 UASB 工艺的适用性

升流式厌氧污泥床 (UASB) 工艺主要适用于酒精、制糖、啤酒、淀粉加工、各类发酵工业、皮革、罐头、饮料、牛奶与乳制品、蔬菜加工、豆制品、肉类加工、造纸、制药、石油精炼及石油加工、屠宰等各种中、高浓度工业废水处理工程。

本标准推荐为推荐性规范。

5.2 水量和水质

对于工业有机废水处理，大多数企业都是根据市场的需求决定生产量，废水波动性较大，因此应根据实际调查和测定的排放量水质进行设计。

现有企业的新建和改扩建废水处理工程，要根据实际生产中水质水量的排放规律来确定工程设计水量、水质和变化系数；新建企业的废水处理工程，应根据企业的生产工艺、产品产量及环保部门出示的环境影响评价报告书，并应对同行业进行市场调研分析等予以确定，或参考同类产品生产企业废水处理的相关数据确定。由于企业所处地域、水资源条件等外界因素不同，废水水量会有较大变化，UASB 反应器应按最高日平均时污水量设计，UASB 反应器前、后的水泵、管道等输水设施应按最高日最高时污水量设计。设计出水应根据出水排

放地点的不同，满足相应的排放标准。

工业园区合建的处理设施的设计水质水量，要考虑所需处理的企业废水的排放规律以及整体规划与中近期规划等因素，确定分期工程的设计水量、水质。

5.3 预处理的选择

5.3.1 格栅

废水中可能含有纤维、纸张、塑料制品等大小不一的固体杂质，为防止水泵、处理构筑物的机械设备以及管道被磨损或堵塞，保证后续处理构筑物 and 设备的正常运行，应设置格栅进行预处理。格栅设计可参照 GB 50014 第 6.3 节的规定。

由于工业废水中往往包含有细小固体杂质，如碎布、果壳、禽羽等等，一般格栅不能截除，如不去除会给后续处理构筑物和设备带来影响。因此，往往采用细格筛作补充处理。

5.3.2 沉砂池

某些工业废水，如以薯干为原料的酿酒废水和禽类加工废水、畜禽粪便废水等，常含有砂砾等无机颗粒，为有效防止无机固体在反应器内积累，应设置沉砂池进行预处理。考虑到水中溶解氧的存在对产甲烷菌有毒害作用，一般不宜采用曝气沉砂池作为厌氧预处理装置。沉砂池设计应符合 GB 50014 第 6.4 节的规定。

5.3.3 调节池

企业废水一般均间歇排放，水质水量波动较大，而厌氧反应对水质、水量较大的冲击负荷比较敏感，所以设置调节池以稳定水质水量，保证系统的处理负荷在平稳的范围内波动。调节池池容应根据废水流量变化曲线确定；没有流量变化曲线时，需根据生产的特点确定；调节池的池容不宜低于日处理量的 50%。

调节池除均质和均量的作用外，一般还可考虑兼有混合、加药和中和等功能。考虑到废水可能会发生沉淀现象，也为了更好的混合水质，要求调节池设置搅拌设施；根据颗粒化和 pH 调节的要求，当废水碱度和营养盐（N、P）等不够需要补充时，可采用计量泵自动投加酸、碱和药剂，通过调节池或机械搅拌中和。

5.3.4 pH 及加药系统

pH 值是废水厌氧处理最重要的影响因素之一。通常对 pH 敏感的甲烷菌适宜的生长 pH 范围为 6.5~7.8，这也是厌氧处理通常所应控制的 pH 范围。这一范围是指反应器内反应区的 pH 值，而不是进液的 pH 值，因为废水进入反应器内，生物化学过程和稀释作用可以迅速改变进液的 pH 值。反应器内的 pH 值过高(>8.0)或过低(<6.0)，产甲烷菌的生长代谢和繁殖都会受到抑制，进而对整个厌氧消化过程产生严重的不利影响。

为了保持厌氧反应器中 pH 值稳定在适宜的范围内，必须采取一定的措施对反应器内的运行状况进行调节和控制。在实际运行中，主要是通过往进水或反应器中加入碱性或酸性物质调控厌氧反应器内的 pH 值。经常投加的碱性物质主要有 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 NaOH 以及 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 等，酸性物质主要有盐酸、硫酸等。石灰是一种成本较低的碱性物质，但因为难以去除沉淀的碳酸钙，使得碳酸钙逐渐占据反应器的有效体积，对反应器运行有潜在危害，因此石灰是一种容易产生问题的碱度来源，应该核实利弊后再行采用。

药剂需要有一定的存储量，并需要应用专门的设备进行存储。另外，相应的药剂除了存储罐之外，有时根据需要在现场进行溶药（包括营养元素），溶药可以采用专用的溶药罐

和搅拌设备进行，投加也需采用计量泵定量投加。对废水进行 pH 值调节，很多情况下经一次调整是不充分的。为了维持反应器内的 pH 值总保持在中性附近，有必要采取包括二次调整在内的应对措施。

5.3.5 酸化池

对于溶解性废水，一般不需要考虑酸化作用。对于复杂废水，如出现下列情况可考虑设置酸化池：（1）当废水中存在对甲烷菌具有毒性或抑制性的化合物，采用预酸化可以去除或改变有毒或抑制性化合物的结构；（2）当废水中存在有较高浓度的 Ca^{2+} 时，通过部分酸化保持偏酸性进水，可以避免在颗粒污泥表面和内部产生 CaCO_3 结垢；（3）当厌氧处理系统采用高负荷时，对于非溶解性组分去除有限，而酸化系统对颗粒物降解是有利的。

一定程度的酸化对后续的厌氧处理是有益处的，但是完全的酸化是没有必要的，甚至是有害处的。因为达到完全酸化后，废水 pH 会下降，需要投加化学药剂调节系统 pH 值。另外有证据表明完全的酸化对 UASB 反应器的颗粒化进程有不利影响。通常，希望流入反应器之前的废水酸化率控制在 30%~75% 之间。

5.3.6 加热保温

当温度较低时，细菌逐渐停止或减弱其代谢活动，细胞活力下降；而较高温度下的厌氧菌代谢过程较快，反应器内的污泥活力和负荷会较高。UASB 反应器可在常温、中温、高温范围内运行。常温厌氧的温度应保持在 $20^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，中温厌氧保持在 $30^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，高温厌氧保持在 $50^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ ，如不能满足设计温度要求应设置加热装置。

提供给厌氧反应器的热量包括使新投入的物料加热到设计温度所耗的热量和补给反应器的热耗等。

加热方式分池外加热和池内加热两类。池外加热是指将废水在池外进行加热，有加热池和循环加热两种方法；加热池是将废水在加热池内首先加热到所需要的温度，再进入反应器，循环加热是将池内废水从反应器内抽出，加热至要求的温度后再打回池内。池内加热是热量直接通入反应器内，通常采用热水盘管的方式对废水进行加热。在很多厌氧反应系统中，以上加热方法经常联合采用。

5.3.7 有毒有害物质控制

工业废水中常含有毒化合物，而厌氧处理中甲烷菌对毒性物质往往比发酵菌更为敏感，因此毒性物质的存在及其浓度是影响厌氧处理的重要因素。

废水中氨氮浓度高于 3000mg/L 时，不论 pH 值如何，铵离子都有很大的毒性，厌氧反应器将无法运转。进水氨氮浓度最好控制在 800mg/L 以内，可通过稀释废水，或者从废水中去除氨氮源，或添加不含氮的有机废水，调节废水的碳氮比等方式实现。

当废水中含有高浓度的硫酸盐时，会对厌氧反应产生不利的影 响，主要表现在以下两个方面：一是由于硫酸盐还原菌和产甲烷菌都可以利用乙酸和 H_2 而产生基质竞争性抑制作用；二是硫酸盐还原的终产物—硫化物对产甲烷菌和其它厌氧菌直接产生毒害作用。一般厌氧反应器中硫酸盐离子的浓度应小于 1000mg/L 。

如废水中含有重金属、碱土金属、三氯甲烷、氰化物、酚类、硝酸盐和氯气等有毒物质，必须考虑对废水进行必要的预处理。

5.4 UASB 反应器系统

5.4.1 反应器容积

(1) 反应器的容积

目前，UASB 反应器有效容积可采用以下两个公式计算，即：

$$V = \frac{Q \cdot S_0}{N_v} \dots\dots\dots (1)$$

$$V = Qt \dots\dots\dots (2)$$

式中： V ——反应器有效容积， m^3 ；
 Q ——UASB 反应器设计流量， m^3/d ；
 N_v ——容积负荷， $kgCOD/(m^3 \cdot d)$ ；
 S_0 ——进水有机物浓度， $kgCOD/m^3$ ；
 t ——允许的最大水力停留时间，h 或 d。

一般来说，废水浓度较低时，反应器容积计算主要取决于水力停留时间，而 t 的大小与反应器内污泥类型（是否形成颗粒污泥）和三相分离器的效果有关。在低浓度范围里的一种重要废水是生活污水，对这种污水，安全的水力停留时间主要取决于温度，表 13 提供了不同温度下生活污水在 4m 高的 UASB 反应器内水力停留时间的参考值。

表 13 不同温度下生活污水在 4m 高的 UASB 反应器内水力停留时间的参考值

温度/ $^{\circ}C$	水力停留时间/h		
	日平均	4h~6h 内最大值	2h~6h 内允许峰值
16~19	>10~14	>7~9	>3~5
22~26	>7~9	>5~7	>3
>26	>6	>4	>2.5

而在较高浓度下，反应器容积取决于其容积负荷的大小与进液浓度，而反应器采用的负荷值与废水的性质和浓度，反应器的运行温度有关，同时与反应器内是否形成颗粒污泥也有很大关系。对某种特定废水，UASB 的负荷一般应通过实验确定，也可参考同类型的废水处理资料。本规范中提供了一些设计时可以参考的数据。

反应器的单体最大容积宜小于 $2000m^3$ ，因为容积过大，在运行、管理、配水及启动等方面都存在困难。

(2) 反应器池体

厌氧反应器一般可采用矩形和圆形结构。圆形反应器具有结构稳定的优点，同时建造费用比具有相同面积的矩形反应器至少要低 12%，但圆形反应器的这一优点仅仅在采用单个池子时才成立。单个或小的反应器可以建成圆形的，高径比应在 1~3 之间。

对于大型 UASB 反应器常建成矩形的。建造两个或两个以上反应器时，矩形反应器可以采用共用壁。对于采用公共壁的矩形反应器，池型的长宽比对造价有较大的影响，长宽比为 4: 1 以上时土建费用增加十分显著。建造多个池子可以增加处理系统的适应能力，可以关闭其中一个池子进行维修，其他池子继续运行。

(3) 反应器的高度

选择反应器高度需综合考虑运行和费用等方面的因素。过高的流速会引起污泥流失,为保持足够多的污泥,上升流速不能超过一定的限值,从而反应器的高度也会受到限制。从经济方面考虑,高度增加会增加土方工程量,但能减少占地面积。另一方面又必须保持一定的流速以强化废水与颗粒污泥的接触混合,在实际应用中通常考虑当地的气候和地形条件,一般将反应器建在半地下以减少建筑和保温费用;最经济的反应器高度(深度)一般在 4m~8m 之间,并且在大多数情况下这也是系统最优的运行范围。

(4) 反应器内废水的上升流速

反应器上升流速与高度之间的关系表达式如下:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{H}{HRT} \dots\dots\dots (3)$$

式中: v ——反应器上升流速, m^3 ;

Q ——UASB 反应器设计流量, m^3/h ;

A ——反应器表面积, m^2 ;

H ——反应器的高度, m ;

HRT ——反应器的停留时间, h 。

UASB 反应器内废水的上升流速宜小于 0.5m/h。控制上升流速的目的是防止过高的流速下造成的污泥流失,同时也防止因过低的流速而影响泥水的混合接触效果。

(5) 反应器的建筑材料

混凝土结构的厌氧反应器是最为常见的结构材料形式,也可采用经过防腐或非腐蚀性的其他材料。即使混凝土也可能受到化学侵蚀,其侵蚀的程度依赖于碳酸盐和钙离子浓度。如果这两种离子产物低于碳酸钙的溶解度,钙离子将从混凝土中溶出,将造成混凝土结构的剥蚀。因此混凝土结构需在汽水交界面上下 1.0m 处采用环氧树脂进行防腐。

UASB 反应器最严重的腐蚀出现在反应器上部,主要是气、液交界面处。此处 H_2S 可能造成直接腐蚀,同时硫化氢被空气氧化为硫酸或硫酸盐,这使局部 pH 值下降造成间接腐蚀。硫化氢或者酸造成的腐蚀属于化学腐蚀,更严重的是在气液接触面还存在电化学腐蚀。由于厌氧环境下的氧化-还原电位为-300mV,而在气水交界面的氧化-还原电位为 100mV,这就在气水交界面构成了微电池,形成电化学腐蚀。无论普通钢材或一般不锈钢在此处都会被损害,因此 UASB 反应器必须进行防腐处理。

5.4.2 反应器组成

UASB 反应器主要由布水系统、三相分离器、出水收集系统、排泥系统组成。

5.4.3 布水系统

布水系统的合理设计对 UASB 反应器的良好运转是至关重要的,进水系统兼有配水和水力搅拌的功能,为了保证这两个功能的实现,设计时需要满足如下原则:

- a、确保各单位面积的进水量基本相同,以防止短路或表面负荷不均匀等现象发生;
- b、尽可能满足水力搅拌需要,保证进水有机物与污泥迅速混合;
- c、易观察到进水管的堵塞;
- d、当堵塞被发现后,易被清除。

目前布水系统的形式一般可以采用一管多孔式布水,一管一孔式布水或枝状布水方式。

- (1) 对于压力流采用穿孔管布水（一管多孔或分枝状）
 - a. 进水采用重力流（管道及渠道）或压力流，后者需设逆止装置；
 - b. 当水力筛缝隙为 3mm~5mm 时，出水孔大于 15mm，一般在 15mm~25mm 之间；
 - c. 需考虑设液体反冲洗或清堵装置，可以采用停水分池分段反冲，用液体反冲时，压力为 $1.0\text{kg}/\text{cm}^2 \sim 2.0\text{kg}/\text{cm}^2$ ，流量为正常进水量的 3~5 倍；

- (2) 采用重力流布水方式（一管一孔）

如果进水水位差仅仅比反应器的水位稍高（水位差小于 10cm）会经常发生堵塞现象。因为进水水头不足以消除阻塞。当水箱中的水位（三角堰的底部）与反应器中的水位差大于 30cm 时很少发生堵塞现象。

- a. 采用布水器布水时，从布水器到布水口应尽可能少地采用弯头等非直管；
- b. 废水通过布水器进入池内时会吸入空气，直径大于 2.0mm 气泡会以 $0.2\text{m}/\text{s} \sim 0.3\text{m}/\text{s}$ 速度上升，在管道垂直段（或顶部）流速应低于这一数值；
- c. 上部管径应大于下部，可适当地避免大的空气泡进入反应器；
- d. 反应器底部较小直径可以产生高的流速，从而产生较强的扰动，使进水与污泥之间充分接触；
- e. 为了增强底部污泥和废水之间的接触，建议进水点距反应器池底保持 150mm~250mm 的距离。

5.4.4 三相分离器设计

三相分离器是 UASB 反应器最有特点和最重要的设备，它同时具有收集从下部反应室产生的沼气、沉淀分离器上部的悬浮物、污泥回流三个功能。

上述功能均要求三相分离器的设计应能避免沼气泡上升到沉淀区，如其上升到表面将引起出水混浊，沉淀效率降低，产生沼气损失等不利影响。三相分离器的设计应注意以下几点：

- (1) 间隙和出水面的截面积比：该面积比会影响到进入沉淀区和保持在污泥相中的絮体的沉降速度；
- (2) 分离器相对于出水液面的位置：这个位置确定反应区（下部）和沉淀区（上部）的比例，在多数 UASB 反应器中内部沉淀区是总体积的 15%~20%；
- (3) 三相分离器的倾角：这个角度要使固体可滑回到反应器的反应区，在实际中是在 $55^\circ \sim 60^\circ$ 之间，这个角度也确定了三相分离器的高度，从而确定了所需的材料；
- (4) 分离器下气液界面的面积：它确定了沼气单位界面面积的释放速率，合理的气体释放速率约为 $1\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \sim 3\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ （低浓度废水达不到这个速率）。速率过低可能形成浮渣层，速率过高会导致在界面上形成气沫层，两者都可能导致堵塞气体释放管。

5.4.5 出水收集系统

出水装置应设置在 UASB 反应器的顶部，尽可能保证均匀地收集处理过的废水。大部分厌氧反应器的出水堰与传统沉淀池的出水装置相同，即在水平汇水槽内一定距离间隔设三角堰。为保证出水均匀，大部分的 UASB 反应器采用多槽式出水方式，每个槽两侧设有三角堰。

当处理的废水中含有蛋白质、脂肪或大量悬浮固体时，出水一般也夹带有大量悬浮固体或漂浮污泥，为了减少出水悬浮固体量，在出水槽前设置挡板，这样可减少出水中悬浮固体

数量,有利于提高出水水质。但是设有出水挡板容易形成污渣层,此时可采用浮沫撇除装置,如刮渣机等,因此是否设挡板需根据处理废水的实际情况确定。

出水设施经常出现的问题是部分出水槽即使设置浮渣挡板,也会被漂浮的固体堵塞,从而引起出水不均匀,或发生堰不是完全水平的问题,较小的水头会引起相对大的误差。为了消除或最终减少这些问题,应当要求堰上水头不小于 25mm。三角堰的设计要使其可以调整高度。

5.4.6 排泥系统

厌氧反应器内保持足够的污泥量,是保证反应器高效运行的基础。但经过较长时间的运行后,污泥量过度时,会因污泥沉淀使有效容积缩小而降低处理效率,甚至会因堵塞而影响正常运行,或使出水中夹带大量污泥,影响出水水质,因此必须定期对厌氧反应器进行适量的排泥。UASB 反应器排泥一般采用重力方式排泥,排出量由污泥界面仪控制。

反应器的排泥频率根据污泥浓度分布曲线确定。即在反应器全高上设置若干(5个~6个)取样管,可以取反应器内的污泥样品,以获得污泥浓度沿深度的分布曲线,并可计算反应器的存泥总量,以确定是否需要排泥。排泥点宜设在污泥区中上部和底部两点。一般在污泥床的底层宜形成浓污泥,浓污泥由于颗粒和小砂粒积累等原因活性变低,因此建议从反应器的底部排泥,这样可以避免或减少在反应器内积累砂砾;中上部排泥点宜保持在距清水区 0.5m~1.5m 的位置,这样既可保证水力运行的畅通,又可使悬浮污泥有沉降的空间。

5.5 剩余污泥

UASB 反应器排放的一般为絮状污泥,因此可直接将污泥排至厂区的集泥池,和好氧池剩余污泥混合后一同脱水处理。脱水后污泥应运送到当地政府指定的处理场所进行无害化集中处置。污泥处理和处置要求参照 GB50014 中第 7 章的规定,经处理后的污泥应符合 CJ 3025 的规定。而如果排放的为厌氧颗粒污泥,应采用储存销售办法处理。

5.6 沼气系统

沼气系统设施应划出独立区域设计,实行封闭管理。符合 NY/T1220.1 和 NY/T1220.2 的有关规定。

(1) 沼气的成分与产生量

厌氧消化过程中产生的一种混合气体,习惯上称为沼气。沼气的成分比较复杂,其中最主要的成分是 CH_4 和 CO_2 ,其中甲烷约占 55%~70%,二氧化碳约占 28%~43%左右,还含有少量的其他气体,如 H_2 、 H_2S 、 CO 、 N_2 、 O_2 以及除甲烷外的其他碳氢化合物。

实际运行中,由于有机物的种类不同,每去除 1.0kgCOD 的甲烷产量是不同的,一般为 $0.35\text{Nm}^3\sim 0.45\text{Nm}^3$ 。

(2) 沼气净化

a、沼气脱水

沼气在利用和排放前均需进行脱水和脱硫处理。沼气中的水分采用重力法脱除,根据 NY/T1220.2 之 5.2.3 规定,沼气的分水分离器空塔流速宜为 $0.21\text{m/s}\sim 0.23\text{m/s}$ 。据 NY/T1220.2 之 5.2.6 规定,沼气的分水分离器内宜装入填料,填料可选用不锈钢丝网、紫铜丝、聚乙烯丝网、聚四氟丝网或陶瓷拉西环。

b、沼气脱硫

沼气中的 H_2S 是一种腐蚀性气体，体积含量一般占 0.005%~0.01%。湿态时的腐蚀性要比干态时大得多。另外，沼气燃烧时， H_2S 会转化为腐蚀性很强的亚硫酸气雾，污染环境和腐蚀设备。为了防止 H_2S 的危害，通常需要对沼气进行脱硫处理。脱除沼气中硫化氢可采用物化脱硫和生物脱硫，物化脱硫装置有干法脱硫和湿法脱硫两种。根据 NY/T1220.2 中 5.1.2 规定，沼气经处理后 H_2S 含量应少于 $20\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，温度低于 35°C 。

1) 干法脱硫

如用地面积小，则可采用干式脱硫装置。一般采用常压氧化铁法脱硫，选用经过氧化处理的铸铁屑做脱硫剂，疏松剂一般为木屑，放在脱硫箱中。气体以 $0.4\text{m}/\text{min}\sim 0.6\text{m}/\text{min}$ 的速度通过。当沼气中硫化氢含量较低时，气速可适当提高，接触时间一般为 $2\text{min}\sim 3\text{min}$ 。吸收塔最少应设两组，以便交换使用。设计温度为 $25^\circ\text{C}\sim 35^\circ\text{C}$ ，脱硫装置应有保温措施。脱硫装置前应有凝结水疏水器。脱硫剂一般需三个月更换一次。

2) 湿法脱硫

一般当沼气中硫化氢含量高，且气量较大时，适于用湿式脱硫方法，同时还可去除部分二氧化碳，提高沼气中甲烷的含量。湿式脱硫装置由两部份组成，一为吸收塔，一为再生塔。含 2%~3% 的碳酸钠溶液，由吸收塔塔顶向下喷淋，沼气由下而上逆流接触，除去硫化氢。碳酸钠溶液吸收硫化氢后，经再生塔，通过催化剂使其再生，可以反复使用。此外，还可利用处理厂的出水，对沼气进行喷淋水洗，去除硫化氢。在温度为 20°C ，压力为 1 个大气压时，每立方米水能溶解 $2.3\text{m}^3 \text{H}_2\text{S}$ 。

3) 生物脱硫

为从废水中除去硫化物，现在普遍使用物理——化学处理方法。化学氧化法和化学沉淀法都要外加氧化剂和沉淀剂，需消耗大量能量，并增加了化学药品及后处理的费用，这是这类方法的最大不足。

生物法脱硫是一种比较理想的处理方法。硫化物的氧化可以在好氧、厌氧或兼氧条件下完成。生物脱硫是利用无色细菌将硫化物氧化成单质硫。在反应器中发生如下反应： $\text{H}_2\text{O} + \text{S}^{2-} + 1/2\text{O}_2 = \text{S} + 2\text{OH}^-$ ，反应形成单质硫，包含少量杂质，回收硫可以用在硫酸工业。生物脱硫工艺与传统脱硫工艺相比，具有下列特点：

- a 替代传统的化学技术(氧化)，操作简单；
- b 化学药剂消耗量小；
- c 在废气处理的同时又实现了硫的回收；
- d 硫化氢的去除率可以达到 99.99% 以上，其中单质硫的回收率也可达到 95%~98%；
- e 适用范围广， H_2S 处理浓度可从 100ppm 到 100% (体积)，同时适用于大规模的废气处理设施。

(3) 沼气储存

由于产气量和用气量之间存在着一个平衡，所以必须设置储气柜进行调节。储气柜可以采用低压湿式储气柜、低压干式储气柜和高压储气罐进行储气。储气柜体积应按最大调节容量决定，或按平均日产气量的 50%~60% 计算。对于连续使用用户，如锅炉和发电，可以适当减少沼气储柜尺寸。但是，为了确保锅炉和发电的连续运转，也需设置停留时间大于 30min

的沼气储柜。

储气柜有多种形式，目前常用的是浮罩式储气柜。浮罩式储气柜有低压柜和中压柜两种，前者维持的沼气压为 0.98kPa~2.94kPa(相当于 100mmH₂O~300mmH₂O)，后者维持的沼气压为 3.92kPa~5.88kPa(相当于 400mmH₂O~600mmH₂O)。低压储气柜在国内应用最广，其由水封池和浮罩组成。水封池是一个由钢、钢筋混凝土或其他材料制造的圆筒形池子，建于地面或地下，池内装满水。浮罩是一个用钢板或其他材料制作的有顶盖的圆筒，筒壁插入水池内。当有沼气进入时，浮罩上浮；而当沼气排出时，浮罩下降。输、配气管路所需的静压，由浮动罩的质量和面积决定。

中压储气柜一般多用于大型污水处理厂，其沼气可不经加压泵，直接供沼气风机、小型燃气锅炉、食堂炉灶等处使用。

详细标准参见 NY/T1220.2 中 6 沼气储存部分。

(4) 沼气利用方式

沼气的主要成分是甲烷，甲烷是一种发热量很高的可燃气体，其热值约为 37.84kJ/L，沼气的热值约为 22.7kJ/L。沼气的利用基本上围绕其产热能力而展开，如对特大型 UASB 系统产生的沼气可进行发电利用，中小型 UASB 系统产生的沼气可用于炊事、采暖或作为厌氧换热的热源。对于沼气产量小且产气量不稳定的 UASB 反应器或剩余无法利用的沼气，可安装燃烧火炬将其烧掉，防止沼气向空气中排放，污染大气。燃烧火炬应安装在安全地区，并应在其前安装阀门和阻火器。燃烧火炬是一种安全装置，可自动点火和自动灭火。燃烧火炬和厌氧反应器或储气柜之间的距离一般至少需要 15m，并应设置在容易监视的开阔地区。

5.7 检测与控制

为提高厌氧反应器的运行可靠性，必须设置各种类型的计量设备和仪表。对 UASB 反应器实行监控的目的主要有两个：一是了解进出水的情况，以便观测出水是否满足工艺设计条件；二是为了控制各工艺的运行，判断工艺运行是否正常，以便及时调整运行工况。

采用 UASB 工艺的废水处理工程应参照 CJJ 60 的有关规定，建立完善的检测控制系统，一般检测系统主要由在线监测、现场监测和实验室检测等。为保证设施正常运行和处理效果，及时发现异常现象，应按照污水处理系统运行操作规程规定的检测项目、检测频率和取样点等进行操作和管理。监测项目一般包括化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD)、悬浮物(SS)及反应器内 pH 值、温度、挥发性脂肪酸(VFA)、碱度、污泥浓度和沼气组分等。

5.8 施工与验收

本章节根据国家有关的法律法规和 UASB 工艺的特殊性，制定了施工与验收的管理规定。

5.9 运行与维护

5.9.1 反应器启动

5.9.1.1 污泥颗粒化

对于一个新建的 UASB 反应器，启动过程主要是用未经驯化的絮状污泥对其进行接种，并经过一定时间的启动调试运行，使反应器达到设计负荷并实现有机物的去除，通常这一过程会伴随污泥颗粒化的实现，因此也称之为污泥颗粒化，污泥颗粒化是大多数 UASB 反应器

启动的目标和启动成功的标志。

颗粒污泥的形成使 UASB 反应器内可以保留高浓度的厌氧污泥。絮状污泥沉降性能较差，当产气量较高、废水上升流速度略高时，絮状污泥则容易被冲出反应器。产气与水流的剪切力也易于使絮状污泥进一步分散，这加剧了絮状污泥的洗出。颗粒污泥有良好的沉降性能，它能在很高的产气量和高上升流速下保留在厌氧反应器内。因此，污泥的颗粒化可以使 UASB 反应器允许具备更高的有机容积负荷和水力负荷。

5.9.1.2 启动时间

利用絮状污泥作为接种物首次启动 UASB 反应器，在形成明显的颗粒污泥床之前可能会需要几个月的时间。厌氧反应器的启动之所以需要较长的时间，除了甲烷菌生长速率较慢外，接种污泥低的比甲烷活性和在反应器启动初期相对高的污泥流失也是重要的影响因素。但是，当 UASB 正常运行后反应器内可以产生大量的颗粒污泥，这些颗粒污泥可以在常温下保存很长时间而不损失其活性，因此在停止运行后的再次启动可以迅速完成。

5.9.1.3 接种污泥

UASB 反应器可采用絮状污泥或颗粒污泥进行启动。接种污泥的数量和活性是影响反应器成功启动的重要因素。一般絮状接种污泥浓度控制在 30gVSS/L~40gVSS/L，颗粒污泥接种浓度控制在 20gVSS/L~30gVSS/L。

采用絮状污泥接种时，为缩短启动时间，可在污泥中添加少量破碎的颗粒污泥，促进颗粒化过程。添加少量的颗粒污泥至少有两个优点：一是颗粒污泥里含有大量活的甲烷微生物，而絮状污泥仅含大约 2% 甲烷污泥(通过比活性估计)，添加少量颗粒污泥可使甲烷活性有较大的提高；二是通过将颗粒污泥破碎为大量小的颗粒碎片，颗粒碎片会作为新的颗粒污泥“前体”，为新的颗粒提供了大量生长核心。

采用颗粒污泥启动允许有较大的接种量，启动时间的长短很大程度上取决于颗粒污泥的来源，即颗粒污泥在原反应器中的培养条件以及原来处理的废水种类。新启动的反应器在选择种泥时应尽量使种泥的原处理废水种类与拟处理的废水种类一致，废水种类与性质越接近，驯化所需时间则越少，可大大缩短启动时间。在实践中，有时难以得到从同一种废水培养的颗粒污泥，但只要启动的第一星期将初始污泥负荷控制在最大污泥负荷能力的 50% 之下也可顺利启动。

采用絮状污泥和颗粒污泥启动中，可能遇到的问题及解决方法可参考表 14。

表 14 UASB 反应器可能遇到的问题及解决方法一览表

问题	原因	解决
1. 污泥生长不充分	a 微量或营养元素限制 b 进水预酸化程度太高 c 污泥负荷太低 d 颗粒污泥流失(见 4, 5) e 颗粒污泥解体(见 6), 悬浮污泥冲出	a 提高进水中微量或营养元素浓度 b 减少预酸化的程度 c 增加反应器负荷
2. 甲烷菌能力不足(超负荷)	a 反应器内没有足够的污泥 b 甲烷活性不足(见 3)	a 提高污泥量降低负荷。采用外部接种, 促进污泥生长(见 1), 减少污泥流失(见 3-6) b 减少污泥负荷, 增加污泥活性(见 3)

3. 甲烷菌活性不足	a 微量或营养元素缺乏 b 酸化菌大量生长 c 污泥床累积大量有机悬浮物 d 工艺温度太低 e 进水含有毒性物质或抑制活性的物质(见 6)	a 增加营养或微量元素 b 增加污水的预酸化程度, 减少负荷 c 降低进水中悬浮物浓度 d 增加温度
4. 颗粒流失	a 中空颗粒捕捉气泡。不充分驱动力形成太大颗粒污泥: 低温、低负荷、低进水浓度下易形成大而中空的颗粒污泥 b 形成多层结构捕捉气体, 颗粒有一层酸化菌	a 增加对颗粒的驱动力, 减少颗粒的尺寸。 b 用更稳定工艺条件, 增加污水的预酸化程度
5. 污泥流失, 形成膨胀污泥和蓬松的颗粒污泥	a 由于进液中的悬浮产酸菌的作用, 颗粒污泥团聚成团 b 大量悬浮或酸化菌附着颗粒表面 c 形成蓬松颗粒污泥, 附着酸化菌生长迅速	a 去除进水悬浮物质, 减少预酸化程度 b 增加预酸化程度, 增加混合强度。 c 增加预酸化程度, 降低污泥负荷。
6. 颗粒污泥的解体	a “延迟”启动问题 b 突然变化负荷率和/或进水浓度 c 突然增加预酸化程度, 使酸化菌呈“饥饿”状态 d (周期性的)暴露在毒性化合物的有害条件下 e 机械搅拌力太强 f 由于不充足的选择压形成絮状污泥	a 启动策略(增加污泥负荷)选择接种物 b 采用更加稳定的工艺条件 c 采用更稳定预酸化条件(启动选择其他接种污泥) d 有毒物去除或解毒, 长驯化期, 较大水力缓冲 e 防止太强的机械搅拌力, 降低水流的剪切力 f 稳定工艺条件。增加选择压(出水回流)

5.9.1.4 启动过程

启动中会洗出接种污泥中较轻的污泥, 保存较重的污泥, 以推动颗粒污泥在反应器中的形成。启动过程中应注意以下几点:

(1) UASB 反应器的启动负荷应小于 $1\text{kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 上升流速应小于 0.2m/h , 进水 COD 浓度大于 5000mg/L 或有毒废水应进行适当稀释。

(2) 应逐步升温(以每日升温 2°C 为宜)使 UASB 反应器达到设计的运行温度。

(3) 当出水 COD 去除率达 80%以上, 或出水有机酸浓度低于 $200\text{mg/L} \sim 300\text{mg/L}$ 后, 可逐步提高进水容积负荷; 负荷的提高幅度一般在设计负荷的 20%~30%为宜, 直至达到设计负荷和设计去除率。

(4) 当直接采用颗粒污泥启动时, 因采用的接种量较大, 同时颗粒污泥的活性比其它种泥要高得多, 启动的初始负荷可提高至 $3\text{kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

5.9.1.5 环境因素

(1) 常温厌氧的温度应保持在 $20^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$, 中温厌氧应保持在 $30^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$, 高温厌氧应保持在 $50^\circ\text{C} \sim 55^\circ\text{C}$ 。

(2) UASB 反应器内 pH 值保持在 6.5~7.8 之间。

(3) 适宜的营养, 保持 COD: N: P=200: 5: 1。

(4) 严格控制有毒物质浓度, 使其在允许浓度以下。

(5) 厌氧反应池中碱度(以 CaCO_3 计)宜高于 2000mg/L , 挥发性脂肪酸(VFA)宜控制在 2000mg/L 以内, 氧化还原电位(ORP)应在 $+100\text{mV} \sim -400\text{mV}$ 之间。

(6) N、P、S 等营养物质和微量元素应当满足微生物生长的需要。

5.9.2 运行控制

启动后厌氧反应器系统运行，应控制好各项工艺参数，保持厌氧系统的平衡性，使系统的设计负荷效率稳定。

UASB 厌氧反应器正常运行控制的工艺条件如下：

- (1) 严禁进水有机负荷过高或过低、温度骤升或骤降等情况发生。
- (2) 符合 5.9.1.5 的规定。
- (3) 厌氧反应器污泥层应维持在出水口下 0.5m~1.5m，污泥过多时，应进行排泥。
- (4) 采用热交换器加热时，应每日测量热交换器进、出口的水温。

UASB 厌氧反应器正常运行经常发生的异常现象及解决方法可参考表 15。

表 15 UASB 反应器运行时发生异常现象的原因及解决方法

问题	原因	解决
1. 产气量下降	a 接种污泥浓度过低，甲烷菌的底物不足 b 污泥排量过大，破坏了甲烷菌和营养的平衡 c 反应器温度降低，可能是投配污泥过多或加热设备发生故障 d 反应器的容积太少 e 有机酸积累，碱度不足	a 提高接种污泥浓度 b 减少排泥量 c 减少投配量，检查加温设备，保持反应器消化温度 d 检查沉砂池的沉砂效果，并及时排除浮渣与沉砂 e 减少投配量，继续加热，观察池内碱度变化，如不能改善，应增加碱度，如投加 NaHCO_3 等
2. 上清液水质恶化	a 排泥量不够 b 固体负荷过大	a 增加排泥量 b 减少固体负荷
3. 沼气的气泡异常 a 连续喷出像啤酒开盖后出现的气泡，这是消化状态严重恶化的征兆 b 大量气泡剧烈喷出，但产气量正常 c 不起泡	a 排泥量过大或有机物负荷过高 b 浮渣层过厚 c 污泥投加过量	a 减少或停止排泥，减少污泥投配 b 破碎浮渣层 c 可暂时减少或停止投加污泥

5.9.3 停产控制

工业废水处理因工厂停产检修或因季节性生产等原因，厌氧反应器可能会有停运情况发生。这种停运对厌氧消化系统的保持并无重大的影响，因为在不进水运行的条件下，厌氧污泥的活性可以保持一年或更长时间。

在停运期间，宜使反应器内液体的温度保持在 $4^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。这是因为相对而言，在此温度范围内保存的污泥，重新启动只需较短时间就可以恢复到原有的性能。

此外，在停运期间还应继续使反应器的进、出水口及导气管口保持与大气不直接沟通的

厌氧状态。

停运后的再启动,一般只需将系统的温度增高,再按原来运行中的平均负荷率进水运行,在短时间内就能够达到停运前的效能水平。

6 与现行法律、法规及其它标准的关系

在国家现行建设项目环境保护条例和相关环境监督管理法律法规中,对环境保护设施的建设与正确使用均提出了要求。本标准属于环境污染治理工艺方法规范,是国家环境标准体系之环境工程技术规范的一个组成部分,与环境污染治理工程技术规范并用,将为环境保护设施的建设、运行以及环境监督管理的标准化提供技术支撑。

7 实施本规范的管理措施建议

建议各级环境保护行政主管部门及相关监督管理部门,在环境影响评价、建设项目环境保护管理、排污许可证管理和日常环境监督管理等项工作中积极采用本规范,以加强对环境保护设施的监管。