

附件三：

《好氧生物流化床（内循环）污水处理
工程技术规范》
（征求意见稿）
编制说明

《好氧生物流化床（内循环）污水处理工程技术规范》编制组

2011年3月

目 次

1 任务来源	3
2 标准制定必要性	3
3 编制原则和技术路线	3
3.1 编制原则	3
3.2 技术路线	4
4 工作过程	5
5 国内相关标准研究	6
6 同类工程现状调研	8
6.1 国内外流化床技术现状和发展趋势	8
6.1.1 传统内循环三相生物流化床	8
6.1.2 气浮分离高效生物流化床	8
6.1.3 具有脱氮除磷功能的生物流化床	9
6.2 工程案例	10
6.2.1 北京南顺油脂废水处理工程	10
6.2.2 宜兴市周铁镇污水处理厂工程	12
6.2.3 PAULANER啤酒废水处理工程	14
7 主要技术内容及说明	15
7.1 本标准的结构和内容编排	15
7.2 前言	16
7.3 适用范围	16
7.4 术语和定义	16
7.5 总体要求	16
7.6 设计流量和设计水质	16
7.7 工艺设计	17
7.7.1 一般规定	17
7.7.2 预处理和前处理	17
7.7.3 工艺流程	17
7.7.4 流化床设计	17

7.7.4.1 好氧反应区容积.....	17
7.7.4.2 载体投加量.....	19
7.7.4.3 缺氧反应区容积.....	19
7.7.4.4 反应区高度H、直径D1 和流化床的分隔数N	19
7.7.4.5 降流区与升流区面积之比Ad/Ar.....	20
7.7.4.6 好氧反应区隔板下端距流化床底部的距离（底隙）B	20
7.7.4.7 载体分离器上下的距离E和G	21
7.7.4.8 气液分离器中的距离D3、J和K.....	21
7.7.4.9 载体分离器设计.....	21
7.7.4.10 流化床载体.....	21
7.7.4.11 气浮分离器设计.....	22
7.8 检测与控制.....	22
7.9 电气.....	23
7.10 施工与验收.....	23
7.11 运行与维护.....	23
8 标准实施的环境效益及经济技术分析.....	23
8.1 环境效益.....	23
8.2 经济技术分析.....	23
8.2.1 设计规模.....	23
8.2.2 进、出水水质.....	24
8.2.3 工艺流程.....	24
8.2.4 主要处理单元.....	25
8.2.5 工艺参数.....	25
8.2.6 工程投资估算.....	26
8.2.7 运行成本.....	29
8.2.8 占地面积.....	29
9 标准实施建议.....	29

1 任务来源

原国家环境保护总局办公厅《关于开展 2008 年度国家环境保护标准制修订项目工作的通知》（环办函【2008】44 号）下达计划《污水好氧生物处理工程技术规范——好氧生物流化床（内循环）》，项目序号 371，统一编号 1453.10。

本标准主要起草单位：中国环境保护产业协会、清华大学、北京市环境保护科学研究院、江苏一环集团有限公司、浙江双翼环保发展有限公司。

2 标准制定必要性

随着我国城市化、现代化的进程，水污染的控制越来越受到重视，中小城镇的污水治理也已提上日程。因此，研究高效、节能、一体化、设备化的小型污水处理装置对于中国的环境保护无疑是十分重要和迫切的。

虽然，好氧生物流化床（内循环）废水处理技术的研究与应用发展十分迅速，但由于还缺乏必要的基础研究，在工程放大设计上的基本参数也很不够，使得流化床的自身性能和应用范围均存在较多局限。

因此，我们必须从探索工程放大的规律并加强单元流程组合技术的研究与开发，以使这项新型的生化污水处理技术在我国的应用有一个较大发展。

制定本技术标准的意义主要体现在：

1. 从好氧生物流化床的床型结构来说，内循环生物流化床已取代传统生物流化床成为了目前好氧生物流化床污水生物处理技术研究的重点，未来的研究与应用将在加强反应器混合、传质等理论研究的基础之上，进一步优化好氧生物流化床的床型结构，不仅能使 COD_{cr} 去除达到快速、高效、低耗，而且可以实现硝化与反硝化的一体化，满足脱氮除磷的要求。

2. 从好氧生物流化床（内循环）（以下简称流化床）技术的应用来说，如何做到将技术上的先进性同工程上的经济性有机地结合在一起，是决定该项技术能否得到大规模、广范围推广应用的关键之所在。

3 编制原则和技术路线

3.1 编制原则

本技术规范的编制遵循下列原则：

(1) 符合国家发展循环经济的政策和发展方向。

(2) 技术规范基本结构格式符合国家环境保护标准编制规范的要求，规范标准数值建立在环境可接受性、技术可行性等共同支持的基础上，并与国家相关规章、标准相协调。对部分不宜用数值表达的技术要求，以规范性条款的形式表述。

(3) 本技术规范主要的涵盖范围为：以常用流化床为核心的单元处理工程技术。

(4) 坚持调查研究，实事求是，突出重点，突出主要工艺。

(5) 维持高生物固体浓度下选用的载体，在性能良好稳定、适用工程要求的前提下，尽量根据国内载体产品性能，选用合适的工艺指标。

(6) 根据国内外的工艺的调查研究和设计软件，提供较为合理的流化床参数。重点根据目前国内外的先进工艺制订技术标准。力求体现国内先进企业成熟的、最优的技术，尽可能向国际先进水平靠拢。制订标准时，以成熟可靠的新工艺和新技术为依据，减少能源消耗，控制污染物质最小量化。积极借鉴国外先进标准，提高我国流化床污水处理总体水平。

(7) 促进“十一五”规划水污染控制目标、发改委与科技部的《十一五建设节水型社会的目标》和《中国节水技术政策大纲》关于建立节水型工业目标的实现，使环保法规与社会、经济发展相协调。

(8) 标准制定有理有据，既体现流化床污水处理工程的先进性、安全可靠，又要兼顾我国的国情和经济可行性，有利于标准的实施。力求科学性、合理性、规范性、可操作性。

3.2 技术路线

《污水好氧生物处理工程技术规范——好氧生物流化床（内循环）》编制技术路线见图1。

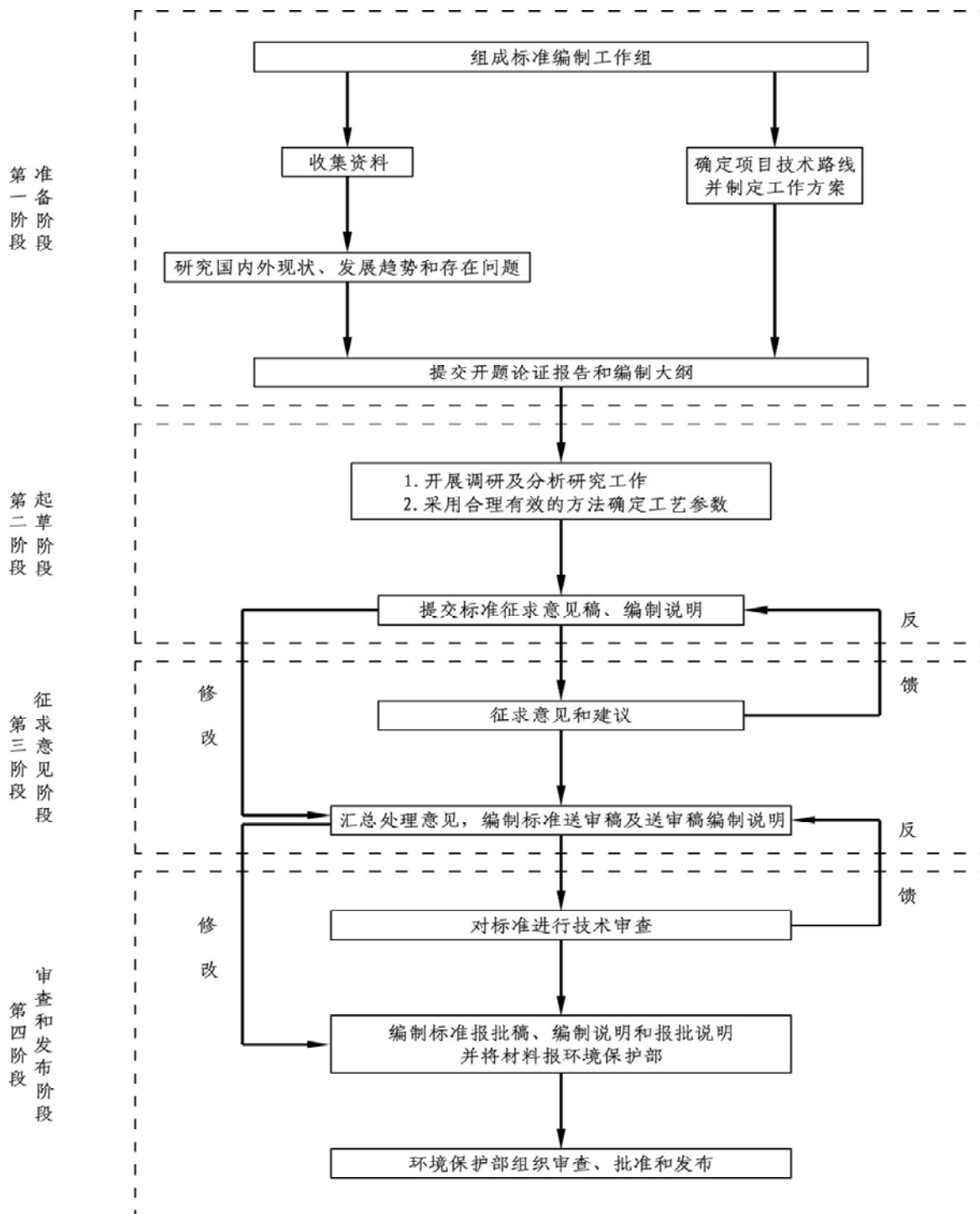


图1 《污水好氧生物处理工程技术规范——好氧生物流化床（内循环）》编制技术路线图

4 工作过程

根据原国家环保总局下达的年度标准制修订项目计划任务，主编单位于2008年11月成立了标准编制组，并组织编制组成员认真学习《国家环境保护标准制修订工作管理办法》

(国家环境保护总局公告 2006 年第 41 号), 编制组以国家相关法律法规、规章、政策和规定, 以及国家环境保护总局的标准制修订计划为依据, 开展本标准的编制工作。

本标准的编制工作从 2009 年开始, 在对流化床技术应用调查的基础上, 了解和掌握了国家的环境保护和流化床技术发展的相关政策, 根据流化床主要生产工艺、治理技术和排放污染物的特点, 在对流化床技术广泛调研的基础上编写了标准大纲, 2009 年 3 月完成了《污水好氧生物处理工程技术规范——好氧生物流化床(内循环)》开题报告和标准编制大纲。2008 年 5 月 7 日, 国家环境保护部在北京组织专家进行了开题论证。开题论证会上, 确定了标准编制的技术路线和工作方案, 通过了标准编制大纲。

编制组按照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》(国家环境保护总局第 41 号公告)和《环境工程技术规范制订技术导则》相关要求和 technical 规定, 开展编制工作, 在对初稿进行修改后, 于 2011 年 2 月完成了标准征求意见稿和编制说明的编制。

5 国内相关标准研究

本规范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, 将为流化床的建设、运行以及环境监督管理的标准化提供技术支撑。目前国内外暂无机构制定专门的流化床技术规范, 但与其相关的标准主要有:

GB 3096	城市区域环境噪声标准
GB 12348	工业企业厂界环境噪声排放标准
GB 12523	建筑施工场界噪声限值
GB 12801	生产过程安全卫生要求总则
GB 18599	一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准
GB 18918	城镇污水处理厂污染物排放标准
GB 3096	城市区域环境噪声标准
GB 50014	室外排水设计规范
GB 50015	建筑给水排水设计规范
GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50040	动力机器基础设计规范
GB 50053	10kV 及以下变电所设计规范
GB 50187	工业企业总平面设计规范

GB 50204	混凝土结构工程施工质量验收规范
GB 50222	建筑内部装修设计防火规范
GB 50231	机械设备安装工程施工及验收通用规范
GB 50268	给水排水管道工程施工及验收规范
GBJ 87	工业企业噪声控制设计规范
GBJ 141	给水排水构筑物施工及验收规范
GBZ 1	工业企业设计卫生标准
GBZ 2	工作场所有害因素职业接触限值
CJJ 31	城镇污水处理厂附属建筑和附属设备设计标准
CJJ60	城市污水处理厂运行、维护及其安全技术规程
CJ 3025	城市污水处理厂污水污泥排放标准
CJ/T 299	水处理用人工陶粒滤料
CJ/T 51	城市污水水质检验方法标准
HJ/T 91	地表水和污水监测技术规范
HJ/T 96	pH 水质自动分析仪技术要求
HJ/T 101	氨氮水质自动分析仪技术要求
HJ/T 103	总磷水质自动分析仪技术要求
HJ/T 242	环境保护产品技术要求 污泥脱水用带式压榨过滤机
HJ/T 246	环境保护产品技术要求 悬浮载体
HJ/T 251	环境保护产品技术要求 罗茨鼓风机
HJ/T 252	环境保护产品技术要求 中、微孔曝气器
HJ/T 262	环境保护产品技术要求 格栅除污机
HJ/T 278	环境保护产品技术要求 单级高速曝气离心鼓风机
HJ/T 283	环境保护产品技术要求 厢式过滤机和板框过滤机
HJ/T 335	环境保护产品技术要求 污泥浓缩带式脱水一体机
HJ/T 353	水污染源在线监测系统安装技术规范（试行）
HJ/T 354	水污染源在线监测系统验收技术规范（试行）
HJ/T 355	水污染源在线监测系统运行与考核技术规范（试行）
HJ/T 369	环境保护产品技术要求 水处理用加药装置
HJ/T 377	环境保护产品技术要求 化学需氧量（COD _{Cr} ）水质在线自动监测仪

城市污水处理工程项目建设标准（修订）（建设部，2001 年）

《建设项目（工程）竣工验收办法》（国家计委 计建设[1990]215 号）

《建设项目环境保护竣工验收管理办法》（国家环境保护总局令 第 13 号）

《污染源自动监控管理办法》（国家环境保护总局令 第 28 号）

6 同类工程现状调研

6.1 国内外流化床技术现状和发展趋势

6.1.1 传统内循环三相生物流化床

传统内循环三相生物流化床中，升流区和降流区组合在一起，故流化床结构更加紧凑，占地面积更小，其构造如图 2 所示。流化床采用沉淀进行固液分离，在结构特点上表现为流化床上部的沉淀区直径大，下部的反应区直径较小。沉淀区的体积占流化床总体积的 30—40%，流化床的总高度在 15—20m。我国自九十年代初期开始研发，到九十年代后期开始应用于工业废水的处理。

典型工程实例是北京南顺油脂废水处理工程和天津市中央药业有限公司制药废水处理工程。

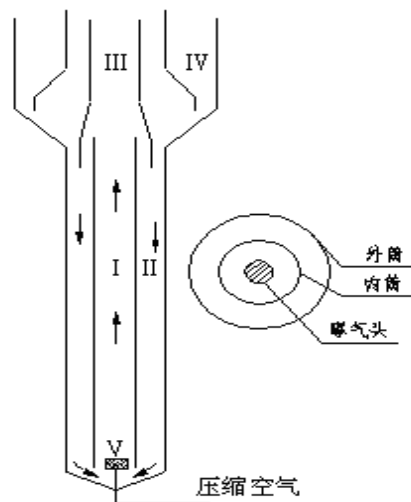


图 2 传统内循环三相生物流化床

I. 升流区 II 降流区 III 气液分离区 IV 固液分离区 V 曝气器

6.1.2 气浮分离高效生物流化床

为提高生物流化床的容积效率，并降低流化床的高度。采用气浮为固液分离手

段与生物流化床相耦合，形成了气浮分离高效生物流化床。流化床的结构如图 3 所示。

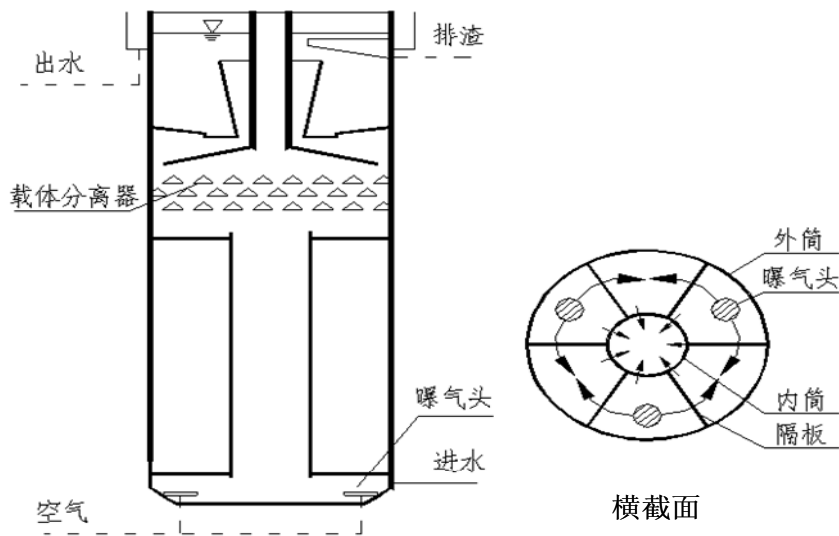


图 3 气浮分离高效生物流化床

气浮分离高效生物流化床具有容积效率高，能耗低等特点，流化床总高度一般在 10m 左右。目前已广泛应用于生活污水和工业废水的处理工程，单台反应器的最大污水处理能力为 2500m³/d。

典型工程实例是常州丽华污水处理站和宜兴市周铁镇污水处理厂。

6.1.3 具有脱氮除磷功能的生物流化床

为了适应污水脱氮除磷的要求，在气浮分离高效生物流化床的基础上耦合了缺氧反应区和化学除磷功能，形成了具有脱氮除磷功能的生物流化床。反应器的结构如图 4 所示。

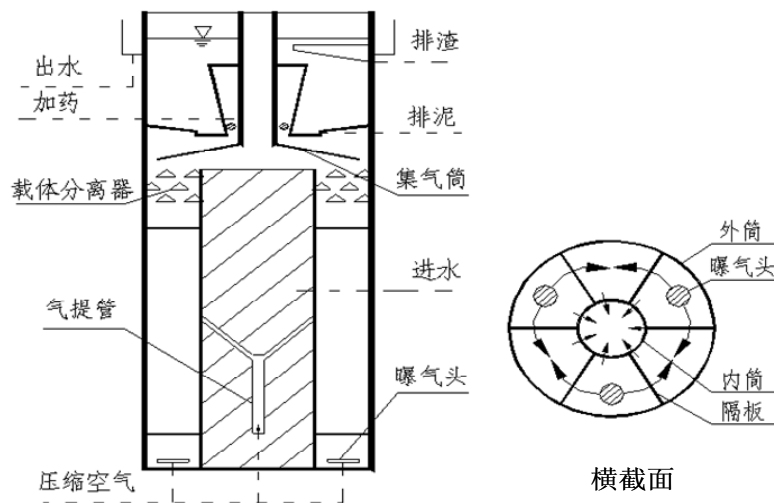


图 4 具有脱氮除磷功能的生物流化床

生物流化床内部增设了缺氧反应区（斜线区域），在上部气浮反应区的进水出增设了化学除磷剂的投加点，实现了去除 COD 与脱氮除磷的一体化。缺氧区以气提为动力进行前置反硝化脱氮。化学除磷剂反应后形成的污泥在气浮区实现固液分离。由于此类流化床的结构和运行较复杂，目前还没有普遍应用与工程。单台反应器的处理能力为 1000m³/d。

目前国内未大规模运用，现应用较多的是荷兰帕克公司自行设计的 CIRCOCX[®] 流化床反应器，其典型工程实例是 Paulaner 啤酒废水处理工程和 Hulshof Royal Dutch Tanneries 废水处理工程。

6.2 工程案例

6.2.1 北京南顺油脂废水处理工程

1) 工程简介

北京南顺油脂厂位于北京市房山区，主要生产车间有：制油车间、炼油车间、动力车间，污水排放来源主要为新建的 200T/d 精炼生产线。油脂厂日排水量约为 3272 吨/天，其中循环冷却水占 82%，为 2683 吨/天，全厂废水通过厂南的排放口排入厂南大坑。南大坑是一个独立的水体，不与外界河流等水体发生联系。水域面积约为 40 亩，由四个水塘组成，平均深度约为 5~7 米。排入南大坑的废水主要是厂区的生活污水、生产废水及循环冷却水、锅炉冲灰水。南顺油脂有限公司新建车间正式投产后，各股废水排放情况见表 1。

表 1 南顺油脂有限公司生产废水排放情况

排放源	排水量	COD _{cr}	BOD ₅	pH	油	SS	NH ₃ -N
动力车间	250	20	5	8-9	5	250	/
制油车间	30	51	18	6	6.9	160	1.84
冷却水溢流	2590~2610	25	5.1	6.3	5	15	<0.02
总排放口	3324	29	7	6-8	4	20	<0.01
事故排放	3324	53	22	6~7	7	46	<0.6

注：单位除 pH 外，其余均为 mg/L。

2) 污水处理工艺及设计参数

排水量：Q=480m³/d

水质: a. 化学精炼: $COD_{Cr}=1500\text{mg/L}$ 、 $BOD_5=750\text{mg/L}$; 油= 750mg/L ; $\text{pH}=6\sim 9$;

b. 物理精炼: $COD_{Cr}=500\text{mg/L}$ 、 $BOD_5=250\text{mg/L}$

3) 工艺流程

从南顺油脂有限公司所排废水的水质来看, 属于可生化性好, 含油量高的中等浓度的有机废水。该废水水质浓度较高, 变化范围大、特别是 COD 浓度和酸碱度受工艺操作条件变化而大幅度波动。同时出水要求较严($COD_{Cr}<60\text{mg/L}$)。根据上述水质和排放要求, 经过多种工艺的比较, 采用物化与生化相结合的工艺, 即通过物化法对废水进行预处理, 去除污水中大部分的油, 并调整废水的酸碱度, 为生物处理创造适宜的水质条件, 然后通过多级生物处理, 利用微生物的降解作用, 去除水中的污染物, 而获得较好的出水水质。设计采用的工艺流程如下:

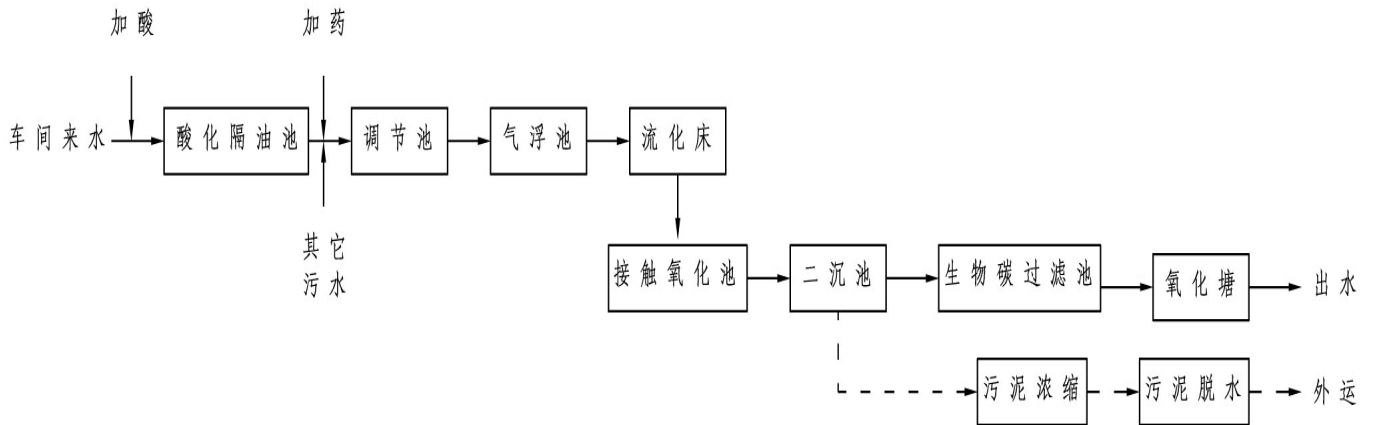


图 5 污水处理工艺流程图

4) 处理效果

全流程的运行结果见下表。

表 2 1995.1~1995.3 月 COD_{Cr} 运行结果

水质指标 (mg/L)	车间	气提反应			曝气池			气提容积负 荷	曝气池容积负荷
		进水	出水	去除率 (%)	进水	出水	去除率 (%)		
COD_{Cr}	出水	进水	出水	去除率 (%)	进水	出水	去除率 (%)	kg COD_{Cr} /m ³ .d	kg COD_{Cr} /m ³ .d
	27672	3197	1089	63.2	1089	170	83.8	56	1.0
	(12516~ 48512)	(11158~ 8249)	(354~ 2847)	(12.9~ 86.3)	(354~ 2847)	(149~ 336)	(72.4~ 92.8)	(18.3~158.4)	(0.04~3.4)

5) 工程全局与反应器实物图



图 6 南顺油脂厂污水处理工程全景



图 7 南顺流化床图 ($D \times H = 1.8 \times 6\text{m}$, $V = 20\text{m}^3$)

6.2.2 宜兴市周铁镇污水处理厂工程

1) 工程概况

周铁镇污水处理厂位于竺西工业区内周妃公路西侧、殷村港南侧的交汇处，处理后的尾水自流排入附近的殷村港。本工程处理的污水以生活污水为主，另外还有

部分经过企业预处理后的化工等工业废水。周铁镇污水处理一期工程接管范围主要为周铁镇区及竺西工业区的生活污水处理厂工程，处理总规模 20000m³/d，其中一期（到 2005 年）工程规模为日处理污水 5000m³，收水范围主要为周铁镇区及竺西工业区的生活污水及工业废水，其中生活污水约占 70%以上。二期（到 2010 年）工程日处理污水 10000m³，收水范围拟接纳分水地区的生活污水及工业废水，其中生活污水约占 60%以上。远期（到 2020 年）预期污水处理规模达到 20000m³/d，收水范围拟接纳洋溪地区的生活污水及工业废水，其中生活污水约占 60%以上。

2) 设计参数

设计水量 $Q=5000\text{m}^3/\text{d}$ 。

根据《宜兴市周铁镇污水处理厂工程环境影响报告表》，本工程尾水排入殷村港，殷村港水质执行《地表水环境质量标准》（GB3838）中 III 类，污水处理厂尾水排放水质标准执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918）中一级标准的 B 标准。

因此，设计的进水水质和污染物的去除率见表 3。

表 3 进水水质和污染物去除率

项目	进水浓度 mg/L	出水浓度 mg/L	去除率 %
COD _{cr}	450	≤60	≥86.7
BOD ₅	220	≤20	≥90.9
SS	300	≤20	≥93.3
NH ₃ -N	35	≤15	≥57.1
TP	3	≤1.0	≥66.7
pH	6-9	6-9	

污泥处理：

污水处理厂排出的污泥执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918）标准，脱水后污泥含水率应小于 80%。污泥经浓缩脱水后，运至城镇垃圾卫生填埋场统一处置。

3) 工艺流程

根据周铁镇污水处理厂的进出水水质特点，本工程要求所采用的污水处理工艺除具有去除有机污染物和悬浮固体的效果外，还应具有一定的脱氮除磷功能。经过

可行性研究，对污水处理工艺进行了详细的方案比较，确定采用缺氧池+流化床组合生化处理工艺。具体的工艺流程框图见图 2.2。

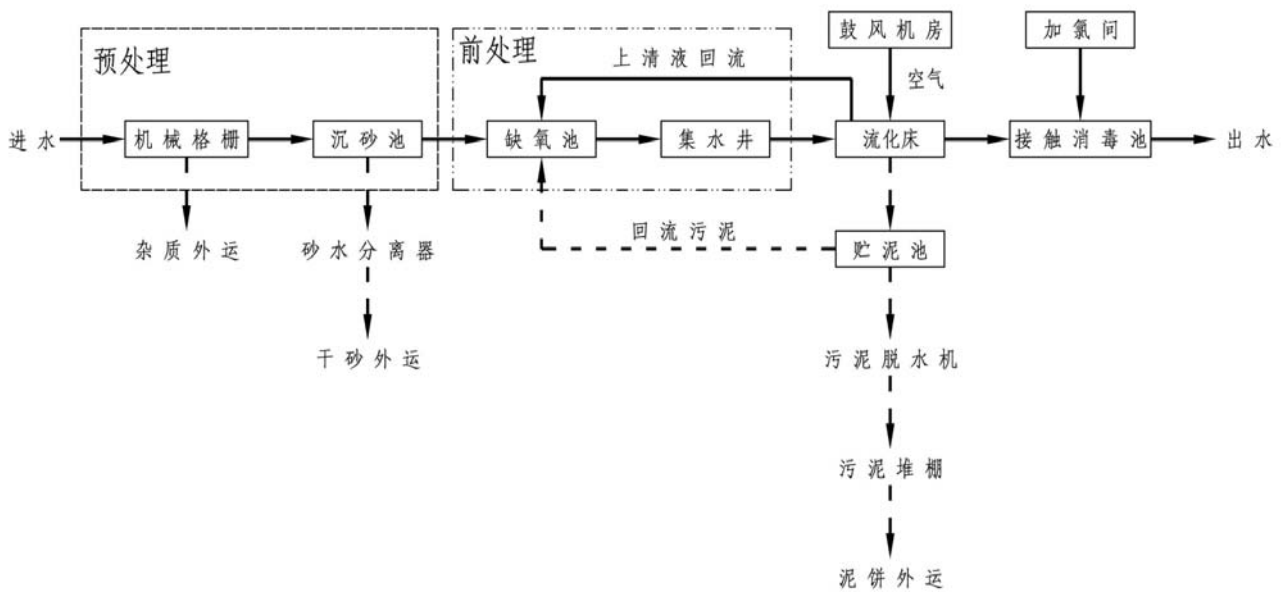


图 8 污水处理厂工艺流程框图

4) 运行指标

废水处理效果见下表。

表 4 废水处理效果一览表

序号	建、构筑物名称		污染物 (mg/L, pH 除外)				
			COD _{cr}	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TP
1	缺氧池	进口	450	220	300	35	3
		出口	350	180	260	35	3
		去除率 (%)	22.2	18.2	13.3	/	/
2	流化床	进口	350	180	260	35	3
		出口	≤60	≤20	≤20	≤15	≤1
		去除率 (%)	≥82.8	≥88.9	≥92.3	≥57.1	≥66.7

6.2.3 Paulaner啤酒废水处理工程

1) 工程简介

慕尼黑的 Paulaner 啤酒公司，采用封闭式空气提升 (CIRCOX[®]) 好氧反应器用于厌氧工艺后续出水的处理，主要去除有机物质、硫化物和氨氮。该污水处理厂位于慕尼黑的中心。因为采用传统处理工艺面积要求较大，所以需要有一个紧凑的处理

系统。因此选择厌氧内循环（IC[®]）反应器和封闭式空气提升（CIRCOX[®]）好氧反应器两个紧凑技术联合处理。

2) 进水质与水量

Paulaner 啤酒废水处理工程进水水质与水量见表 5。

表 5 CIRCOX[®]反应器的进水水质

参数	流量 (m ³ /d)	总 COD _{cr} (mg/L)	滤后 COD _{cr} (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	TSS (mg/L)
平均值	1772	1345	672	23	275
最小值	1320	667	429	9	100
最大值	2400	2371	1836	38	600

3) 工艺流程

Paulaner 啤酒废水处理工艺流程如下图所示：

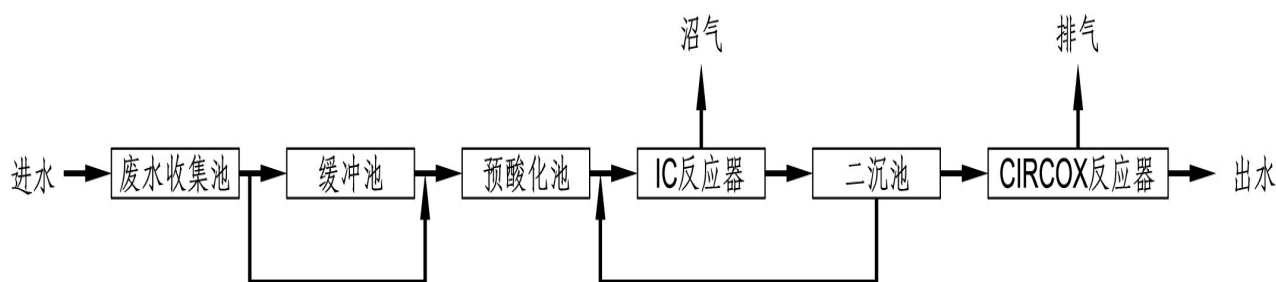


图 9 Paulaner 啤酒污水处理厂工艺流程

3) 处理效果

采用以上工艺处理啤酒废水，CIRCOX[®]反应器去除 COD_{cr} 负荷为 4 kg/ (m³ · d)，出水 COD_{cr} 为 950 mg/L，滤后 COD_{cr} 约为 250 mg/L；硝化效率为 70~100%，出水中氨氮浓度为 0-12 mg/L，去除 NH₃-N 负荷为 0.5 kg/ (m³ · d)。

7 主要技术内容及说明

7.1 本标准的结构和内容编排

依照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国家环境保护总局公告，2006 年第 41 号）的有关规定，根据《环境工程技术规范制订技术导则》（HJ 526-2010）的要求，并参考国家近年发布的一系列行业污染源治理工程技术规范的结构，进行本标准的结构和内

容编排。

7.2 前言

依照原国家环境保护总局 2006 年第 41 号文件中有关环境保护标准前言的编写规定，并根据 GB/T 1.1 的要求，编写了本标准的前言。

前言说明了制订标准的依据、目的，并简述了标准的主要内容和标准的管理。

7.3 适用范围

本标准简要说明了规范规定的主要内容和适用的主体与对象。

7.4 术语和定义

本标准规定了污水好氧生物处理工程技术规范——好氧生物流化床（内循环）所涉及到的有关术语及定义。根据本标准的技术内容，给出了好氧流化床（内循环）、载体分离器、生物载体、预处理和前处理共 5 个术语，并进行了定义或解释。

7.5 总体要求

在总体要求中，本标准提出了以下 3 项基本要求：

1) 流化床宜用于《城市污水处理工程项目建设标准（修订）》中规定的 II~V 类的城市污水处理工程，以及有机负荷相当于此类城市污水的工业废水处理工程。

2) 对流化床技术的污水处理厂（站）做出了具体的规定，内容涉及厂址选择、总体布置、总图设计、防洪标准、建筑物的防火设计、堆放污泥、药品的贮存场，并在污水处理厂设计、建设、运行过程中应重视职业卫生和劳动安全等。

3) 对流化床技术的污水处理厂（站）的线监测系统安装、验收和运行等做出了具体的规定。

7.6 设计流量和设计水质

对于以生活污水为主的污水处理设施的设计流量和设计水质的各参数的确定，本规范引用了《室外排水设计规范》（GB 50014）中的相应规定。

由于工业废水的情况很复杂，在市场经济环境下多数企业都是以销定产，根据市场的需求决定生产量，废水波动性很大。因此，对于以工业废水为主的污水处理设施的设计水量水质参数要做实际调查和测定。

原有企业的废水处理设施新建和改扩建工程，要根据实际生产中的水质水量的排放规律来确定工程设计水量、水质及其变化系数；新建工程，可以参考同类产品生产企业的废水相关数据进行确定。由于企业所处地域、水资源条件等外界因素不同，废水水质水量会有较大变化，建议流化床主体工程按日平均水量水质设计，进水、预处理设施及管道按日平均水量乘最大变化系数设计。

工业园区合建的处理设施的设计水质水量，要考虑所有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。

7.7 工艺设计

7.7.1 一般规定

本标准在一般规定中，提出了以下如下要求：

- 1) 出水排放标准的要求。当出水直接排放时，应符合国家或地方排放标准要求；排入下一级处理单元时，应符合下一级处理单元的进水要求。
- 2) 药剂种类、剂量、投加点和储存量等做出具体规定。
- 3) 对进水泵房、格栅、沉砂池、初沉池和二沉池等构筑物的设计提出要求。

7.7.2 预处理和前处理

本标准在预处理和前处理中，提出了以下如下要求：

- 1) 工艺流程中是否增减初沉池的要求。采用流化床工艺处理城镇生活污水时应设置沉砂池和初沉池，沉砂池和初沉池的设计应符合 GB50014 的相关规定，当悬浮物浓度(SS)低于 300 mg/L 时，应取消初沉池。
- 2) 分别 pH 调节系统和补充碳源系统做出具体规定。

7.7.3 工艺流程

采用流化床技术处理废水的工艺做出具体规定。

7.7.4 流化床设计

7.7.4.1 好氧反应区容积

一般可根据流化床的去除容积负荷 N_v 来确定反应区的容积 V 。

$$V = Q_l(S_o - S_e) / N_v \quad (5-1)$$

对于易降解废水, N_v 可取 $3 \sim 10 \text{kgCOD/m}^3 \cdot \text{d}$, 对于较难降解的废水, N_v 可取 $2 \sim 4 \text{kgCOD/m}^3 \cdot \text{d}$ 。

也可以根据水力停留时间 θ 来设计。

$$V = Q_i \cdot \theta \quad (5-2)$$

对于生活污水, θ 可取 $2 \sim 3 \text{h}$ 。求出 V 后再校核负荷。

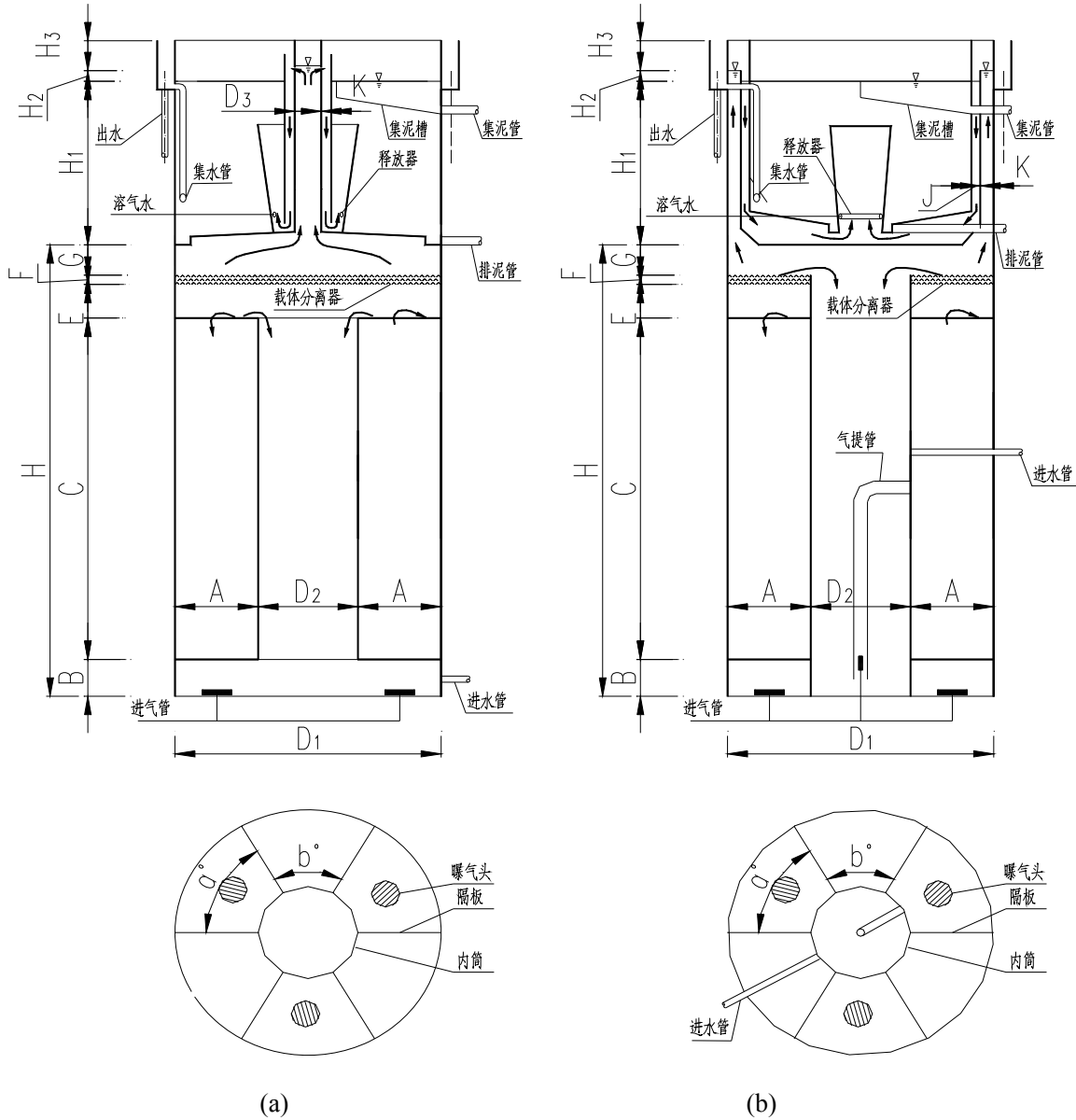


图 10 好氧(-缺氧)流化床结构图

反应区的总容积确定后即可确定每个流化床的反应区容积, 建议单个流化床的反应区容积不超过 400m^3 。可以分为多个流化床并联运行, 一方面当停产检修时可以增加运行管理的灵活性, 另一方面不致使流化床体积和高度过大。

7.7.4.2 载体投加量

载体的作用是微生物生长提供足够的表面积，载体的投加量必须保证其上附着的微生物足以完成对污水中有机物和氨氮的降解。对于承担废水最终生物处理的流化床，污泥负荷 N_s 为 $0.2 \sim 1.0 \text{kgCOD/kgVSS.d}$ 。

载体的投加量可计算如下：

根据选定的容积负荷 N_v 和污泥负荷 N_s 可求得流化床中所需的生物浓度 X 为：

$$X = \frac{N_v}{N_s} \quad (3-3)$$

单位体积载体上的生物量 m_l (g/mL) 为：

$$m_l = \frac{\rho \rho_c}{\rho_s} \left[\left(\frac{r + \delta}{r} \right)^3 - 1 \right] \quad (3-4)$$

则投加载体的体积占好氧反应区的体积比为 C_s ：

$$C_s = \frac{X}{1000m_l} \times 100\% \quad (3-5)$$

7.7.4.3 缺氧反应区容积

对于流化床，建议的好氧区与缺氧区的容积比 V_1/V_2 为 $2.5 \sim 3:1$ ，因此：

$$\frac{D_1^2 - D_2^2}{D_2^2} = \frac{V_1}{V_2} \quad (8-6)$$

所以，流化床直径 D_1 与缺氧区直径 D_2 之比为 $1.87 \sim 2.0:1$ 。

7.7.4.4 反应区高度 H 、直径 D_1 和流化床的分隔数 N

在流化床中，由于可以方便地确定流化床的分隔数，所以流化床高度 H 和直径 D_1 不再是两个直接相关联的变量。在设计时一般先确定高度 H ，然后根据反应区容积确定流化床直径 D_1 。

流化床好氧区的高径比定义为：

$$\frac{H}{D_1} = \frac{H}{2d/N} = \frac{NH}{2d} \quad (8-7)$$

其中 d 为与好氧区横截面面积相等的圆的直径。

一般 H/D_1 为 $3 \sim 8$ 。据此可以确定分隔数 N ， N 一般为偶数，可以是 4 、 6 、 8 等。

由于采用了独特的蜂窝断面结构，因此反应区高度 H 与直径 D_1 的比值可能很

小， H 也可以随意确定。因此，为了减少泵与风机（空压机）的运行费用，可以设置 H 小于 10m，从而利用效率较高的风机代替空压机进行曝气。

7.7.4.5 降流区与升流区面积之比 A_d/A_r

为保证载体实现均匀稳定的循环流化，升流区的空气表观气速 U_g 可取 0.2-2.0cm/s。因为采用轻质的橡胶载体需要的表观气速较小，因此，可以根据流化床的氧传质系数的变化特点确定最佳的 A_d/A_r 值。

一般 A_d/A_r 的比值在 1-1.5 之间比较合适，因为此时流化床流态较好，氧传质效率高。

对于流化床，可以通过调节 D_2 和角度 a 、 b 来实现不同的 A_d/A_r 值（如图 11）；对于好氧-缺氧流化床，则通过调节角度 a 和 b 来实现不同的 A_d/A_r 值。

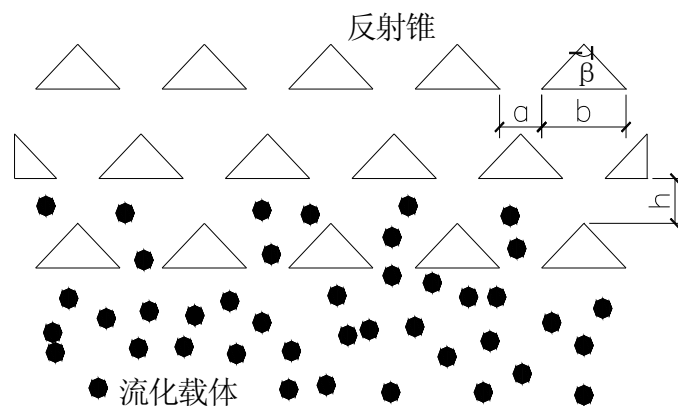


图 11 迷宫式生物载体分离器结构示意图

7.7.4.6 好氧反应区隔板下端距流化床底部的距离（底隙） B

当气体分布器布置在流化床底部时，好氧反应区隔板下端距流化床底部的距离 B 是一个十分重要的参数。如果 B 过小，则流体流动阻力大，生物载体在由降流区进入升流区时受到的剪切作用大，不利于生物膜的生长；如果 B 过大，则曝气产生的部分气泡会进入降流区，从而干扰影响流化床的流态。

根据周平的研究，反应器底隙高度 B 大小的确定可以利用 A_r/A_B 作为设计参数，其中 A_r 为升流区面积， A_B 为反应器底部混合区过流断面面积。周平确定双筒 ITFB 反应器中合理的底隙高度为 $0.4 < A_r/A_B < 0.8$ 。

运用 CFD（Computer Fluid Dynamics）即计算流体动力学对流化床进行实际工程规模模拟的结果表明，底隙高度 B 与 A_r/A_B 的对应关系为：当 B 为 300、600 和 1000mm 时， A_r/A_B 分别为 1.47、0.74 和 0.44。因此得到 A_r/A_B 合理的取值范围为 0.6~0.9 之间，与周平的结论接近。

因此，调整底隙高度 B 的取值范围使 A_r/A_B 在 0.6~0.9 之间。

7.7.4.7 载体分离器上下的距离 E 和 G

载体分离器下部空间距离 E 是保证混合液的正常循环流化，它和底隙空间 B 有些类似。除此之外， E 的大小还影响到载体分离器对载体的分离效果，如果 E 太小，则载体分离器的分离效果变差。

一般建议的 E 的大小为底隙高度 B 的 1.0-1.2 倍。

载体分离器上部距离空间 G 的大小也是影响到载体分离效果的一个数值，因为 G 太小，使在载体分离器上部的混合液紊动状态增加，从而影响载体分离器的分离效果，一般建议的 G 的大小为 E 值大小的 0.3-0.5 倍。

7.7.4.8 气液分离器中的距离 D_3 、 J 和 K

从图 10 中可以看到，标记为 D_3 或 J 的区域是气液混合物从反应区到进行泥水分离的气浮分离区的上升区域。气液混合物从此区域上升，在顶部将剩余气体完全释放，然后液体从标记为 K 的区域下降，进入气浮分离区中心筒下部。

因此，距离 D_3 或 J 的大小都影响到气液分离的脱气效率。如果 D_3 或 J 过小，会使混合物流动速度过快，从而使气体不能在顶部完全释放，这样进入气浮分离区的大气泡会影响气浮分离的效果。

一般建议的 D_3 值为进水管 3-5 倍， I 值 $\geq 200\text{mm}$ ， J 值 $\geq 150\text{mm}$ 。

7.7.4.9 载体分离器设计

载体分离器的结构如图 11 所示，影响迷宫式生物载体分离器结构的尺寸主要有反射锥的顶角 β 、底面宽度 b 、同一层相邻反射锥之间的距离 a 、以及相邻两层反射锥之间的距离 h 。

(1) 反射锥顶角 β

一般建议的 β 值在 $45^\circ \sim 90^\circ$ 之间。

(2) 反射锥之间的距离 a 和底面宽度 b

一般建议的 a 值大小为 2-3cm， b 值大小为 a 值的 2-5 倍。

(3) 两层反射锥之间的距离 h

一般建议的 h 值大小为 5~15cm。

7.7.4.10 流化床载体

生物膜法是水和废水处理过程中常用的方法之一，近年来已有不少利用生物膜

法去除水中有机物的研究，当采用流化床处理废水时，对生物膜载体就要求其具有比较小的比重和较好的耐磨性能，尤其是容易形成活性较高的生物膜。以往人们曾尝试了不同种类的载体：沸石，活性炭，陶粒、塑料球，玄武石、炉渣、焦炭、无烟煤、细石英砂等，由于这些载体材料一般都是随机选取，没有针对性地根据流化床特点来进行设计和加工制作，因而存在着诸如比重较大、容易粘连在一起或难于形成生物膜等缺陷。因此选择一种比重较小，有较好的耐磨性能和易于形成高活性生物膜的载体材料对生物膜技术的发展具有重要的意义。

下面给出一些关于载体及生物膜的一些技术参数的建议，供参考。

(1)载体的种类 选用载体有陶粒载体、聚丙烯悬浮载体和橡胶载体。

(2)载体颗粒的粒径 如采用陶粒载体粒径以 1~2 mm 为宜，其比重为 1.50g/mL 左右，磨损率为 0.5%；聚丙烯悬浮载体以 10~25 mm 为宜，填料为中空结构比表面积大；橡胶载体以 2~8 mm 为宜，其比重为 1.30g/mL 左右。

(3)载体的级配 为使流化床内载体分布均匀，使水动力学状况良好，流化床内个物量分布均匀、合理，则要求载体的级配趋于一致。利用人工构造的载体比较容易做到这一点，一般人为地控制好粒径级配以 $d_{\max} / d_{\min} < 2$ 为宜。

(4)载体颗粒的形状 载体的形状应尽量接近球形，在这方面利用人工构造的载体领航比较容易做到。此外，要求载体表面比较粗糙，以利于微生物栖附、生长。

(5)载体颗粒的质量 它影响到流化床内床层的水力条件、运行能耗及传质。既要使载体在床内维持良好的水动力状况，不要随出水外逸，又要节省运行能耗，有利传质。

(6)载体的强度 载体应具有足够强度，承受摩擦、侵蚀、碰撞的能力强，不易磨损粉碎，以减少损耗并延长使用寿命。

(7)载体上生物膜的厚度最好控制在 100~200 μm ，以 120~140 μm 为佳。

7.7.4.11 气浮分离器设计

对于溶气气浮分离器内部结构，由于竖流式溶气气浮是比较成熟的工艺，在一般的设计手册和专著中也能找到相应的设计方法，因此在此不再重复。

7.8 检测与控制

(1) 在本章规定了流化床污水处理厂（站）应根据工艺要求，在前处理单元、预处理单元和流化床等水池设置液位控制仪，并应满足自动及手动控制泵的启停的要求。

(2) 规定了废水处理站的处理水量控制方式、加药系统通过 pH 计、ORP 检测仪控制加药量，缺药时的自动报警。

(3) 规定了自动控制系统的配置与基本要求。

(4) 按国家环保要求和有关规定，规定污水处理厂（站）应安装废水在线自动监测系统。并对废水在线自动监测系统及安装、系统的运行维护以及废水在线自动监测系统的数据传输做出了相应的规定。

7.9 电气

本标准对流化床污水处理工程设计中的供电系统、低压配线和二次线工程应遵循的现行国家标准规定、规范和相关设计规定做出了明确的规定与要求。

7.10 施工与验收

本标准对一般规定、施工、工程验收和竣工环境保护验收等做出了明确规定与要求。

7.11 运行与维护

本标准在运行与维护一章中，对流化床污水处理工艺中设施运行、维护与管理、人员的基本要求、水质检验、运行调节、污泥观察与调节等做出了具体的规定。

8 标准实施的环境效益及经济技术分析

8.1 环境效益

本标准的实施，有利于规范流化床技术在废水处理方面的应用，流化床出水能达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918）中的一级 B 标准。在增加辅助的深度处理设施后出水可达到一级 A 标准。

8.2 经济技术分析

对于采用流化床为核心处理单元的经济分析，我们将其与采用接触氧化为核心单元的处理工艺进行了对比，从建设费用，运行费用等方面进行了分析。

8.2.1 设计规模

平均日污水流量为 $3000\text{m}^3/\text{d}$ 。

根据《室外排水设计规范》（GBJ14-87，97 年版）要求，生活污水量时变化系数取 $K=1.9$ 。

设计平均日平均时污水量为： $3000/24=125\text{m}^3/\text{h}$

设计最大日最大时污水量为： $125 \times 1.9 = 237.5 \text{m}^3/\text{h}$

8.2.2 进、出水水质

进水为典型的城镇生活污水，出水满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918）的二级标准。

表 6 进出水水质表

序号	水质指标(mg/L)	进水(mg/L)	出水(mg/L)	备注
1	COD _{cr}	400	100	
2	BOD ₅	200	30	
3	SS	220	30	
4	NH ₃ -N	40	25	

8.2.3 工艺流程

我们选择以接触氧化为核心处理单元的工艺和以流化床为核心处理单元的工艺进行比较对照。

1.接触氧化工艺

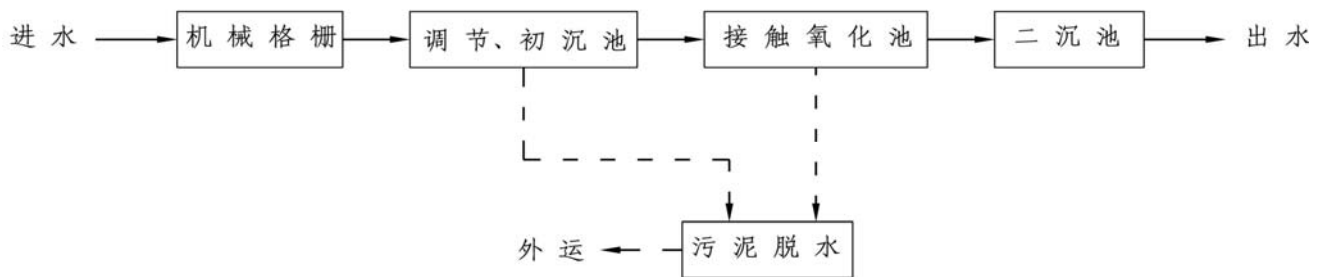


图 12 接触氧化工艺流程图

2.流化床工艺

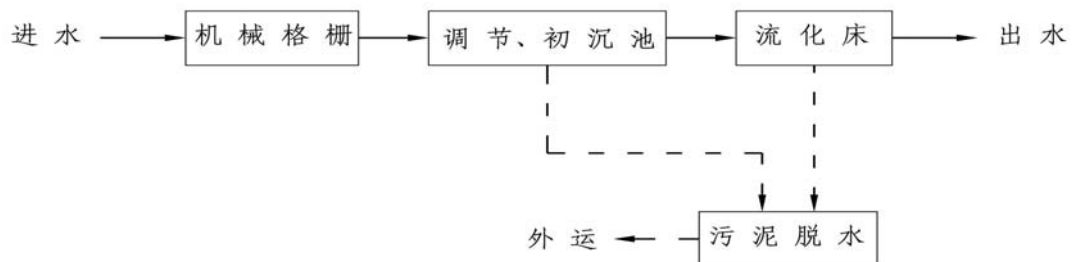


图 13 流化床工艺流程图

8.2.4 主要处理单元

1. 机械格栅

用于去除原水中的漂浮物质及粒径较大的颗粒，选用不锈钢机械格栅。

2. 调节、初沉池

调节水量，同时去除颗粒较大的杂质和油污。采用合建形式，以节省投资，进水管水位较高时可采用地下式钢筋混凝土结构，减少水的提升次数，初沉池污泥定期用潜污泵送至污泥消化池。

3. 中心处理单元

(1) 接触氧化池

接触氧化池是生活污水处理工艺中去除有机污染物的主要单元，内置半软性填料，利用填料上大量繁殖的生物膜去除污水中的有机物质。曝气系统采用高效微孔曝气头，充氧效率高，且不易堵塞。

(2) 流化床

流化床的反应区是去除有机物和氨氮的主要单元，采用轻质橡胶颗粒载体，利用载体上形成的生物膜去除污水中的有机物质和氨氮。曝气系统采用高效微孔曝气头。

流化床的气浮分离区采用溶气气浮进行快速泥水分离。

4. 二沉池

二沉池对接触氧化池的出水进行泥水分离，沉淀污泥进入好氧污泥消化池。

5. 污泥储存池

使污泥达到稳定状态，以免造成二次污染。储存池污泥进行污泥脱水后外运。

6. 综合设备间

综合设备间放置鼓风机、空气压缩机、以及脱水机等设备。

7. 控制值班室

布置 PLC 和控制柜及操作人员值班用具等。

8.2.5 工艺参数

1. 沉淀、调节池

水力停留时间：6 小时；容积：1400m³；

规格：L×W×H=18000×13000×6000；钢筋混凝土结构

2. 接触氧化池

接触氧化池的水力停留时间：4.5h；容积：810m³；

规格：L×W×H= 18000×9000×5000，分两格，钢筋混凝土结构

3. 二沉池(斜管)

规格：L×W×H=13000×8000×5000，分两格，钢筋混凝土结构

4.流化床

采用日处理水量 1200m³/d 的一体式 HSBCR 反应器 4 台。

流化床规格：反应区高 6m，气浮区高 2m，总高度 8m，直径 4m。

钢结构：钢板厚度 10mm。

5. 污泥储存池

有效容积：200m³

规格：L×W×H=8200×5000×5000，钢筋混凝土结构

6. 综合设备间

规格：L×W×H=17000×7700×5200，钢筋混凝土结构

7. 控制值班室

规格：L×W×H=6000×5800×3500，钢筋混凝土结构

8.2.6 工程投资估算

采用接触氧化工艺的工程总投资为 344.37 万元，采用流化床工艺的工程总投资为 303.69 万元。投资估算见表 7 和表 8。

表7 接触氧化工艺投资估算表

序号	名称	型号、规格	单位	数量	价格 (万元)	备注
一	土建费用				136.1	
1	格栅井、格栅间	2500×500×2650	座	1	2	砼结构
2	调节、初沉池	18000×13000×6000	座	1	50	砼结构
3	接触氧化池	18000×9000×5000	座	1	30.2	砼结构
4	二沉池	13000×8000×5000	座	1	20.5	砼结构
5	污泥消化池	8200×5000×5000	座	1	8.2	砼结构
6	综合设备间	17000×7700×5200	M2	131	21	砼结构
7	控制值班室	6000×5800×3500	M2	34.8	4.2	砼结构
二	设备费用				132.6	

1	粗格栅		台	1	0.1	自制
2	机械格栅	GSHZ 型-500 0.37KW	台	1	10	不锈钢
3	提升泵(自藕装置)	100WQ80-13-5.5 5.5KW	台	3	3.5	2用1备
4	鼓风机	SSR150,18.5KW,860rpm	台	3	12	2用1备 (带消音设备)
5	污泥泵(自藕装置)	50WQ15-12-1.1 1.1KW	台	1	1	
6	微孔曝气头	KWB260	个	264	5.3	
7	半软性生物填料	直径 150mm	m ³	383	11.0	聚乙烯材质
8	半软性生物填料 承脱层		M2	162	2	
9	斜板		m3	120	10	聚氯乙烯材质
10	斜板承脱层		M2	120	1.2	
11	管道、管件		批	1	15.0	
12	电动阀门		个	20	31.5	
13	配电及自动控制 系统		套	1	30.0	
三	安装费				13.26	设备费的 10%
四	设备运杂费				4.64	设备费的 3.5%
五	调试费				21.50	工程费的 8%
六	设计费				16.12	工程费的 6%
七	税收				14.78	工程费的 5.5%
八	不可预见费				5.37	工程费的 2%
九	总投资				344.37	

表8 生物流化反应器工艺投资估算表

序号	名称	型号、规格	单位	数量	价格(万元)	备注
一	土建费用				85.4	

1	格栅井、格栅间	2500×500×2650	座	1	2	砼结构
2	调节、初沉池	18000×13000×6000	座	1	50	砼结构
3	污泥消化池	8200×5000×5000	座	1	8.2	砼结构
4	综合设备间	17000×7700×5200	M2	131	21	砼结构
5	控制值班室	6000×5800×3500	M2	34.8	4.2	砼结构
二	设备费用				148.1	
1	粗格栅		台	1	0.1	自制
2	机械格栅	GSHZ 型-500 0.37KW	台	1	10	不锈钢
3	提升泵(自藕装置)	100WQ80-13-5.5 5.5KW	台	3	3.5	2用1备
4	鼓风机	SSR150,18.5KW,860rpm	台	3	12	2用1备 (带消音设备)
5	空压机	气量 1.5m ³ /min, 5KW	台	2	2	两用一备
6	储气罐	Φ1m, 高 2m	个	2	2	
7	污泥泵(自藕装置)	50WQ15-12-1.1 1.1KW	台	1	1	
8	微孔曝气头	KWB260	个	50	1	
9	流化床	高 8m, 直径 4m	台	4	80	钢结构 (内循环)
10	管道、管件		批	1	15.0	
11	电动阀门		个	15	11.5	
12	配电及自动控制 系统		套	1	10.0	
三	安装费				14.81	设备费的 10%
四	设备运杂费				5.18	设备费的 3.5%
五	调试费				18.68	工程费的 8%
六	设计费				14.01	工程费的 6%
七	税收				12.84	工程费的 5.5%
八	不可预见费				4.67	工程费的 2%

九	总投资				303.69
---	-----	--	--	--	--------

8.2.7 运行成本

1. 接触氧化工艺

A: 本工程总装机容量 123.47kw, 运行功率 61.74kw

电费 (0.5 元/度) 0.25 元/吨水

B: 人员工资 0.02 元/吨水

C: 设备折旧与维修 0.23 元/吨水

D: 污泥处理费 0.01 元/吨水

E: 合计 0.51 元/吨水

2.流化床工艺

A: 本工程总装机容量 83.47kw, 运行功率 41.74kw

电费 (0.5 元/度) 0.16 元/吨水

B: 人员工资 0.02 元/吨水

C: 设备折旧与维修 0.23 元/吨水

D: 污泥处理费 0.01 元/吨水

E: 合计 0.42 元/吨水

8.2.8 占地面积

1. 接触氧化工艺

所有处理构筑物 and 辅助建筑物占地面积共 705.05m²。

2.流化床) 工艺

所有处理构筑物、流化床和辅助建筑物占地面积共 542.05m²。

两种工艺相比较, 可见流化床工艺可以明显的节约占地面积。

9 标准实施建议

本标准为首次制订, 由于流化床技术将随着环保管理要求而不断发展与创新, 新技术不断使用, 因此, 本标准中的相关技术、工艺会发生很大的变化, 相应的技术要求也应随之进行相应的调整。因此, 建议在本标准实施过程中, 广泛听取和收集各方面的意见与建议, 根据实际应用情况, 对本标准进行不断地修订与完善, 使其实用性和可操作性与时俱进, 不断满足环境管理和环保设施工程建设需要。