

# 中华人民共和国国家环境保护标准

HJ □□□-201□

---

## 好氧生物流化床（内循环） 污水处理工程技术规范

Technical specifications for aerobic biological fluidized bed  
(internal circulation) in wastewater treatment

（征求意见稿）

201□-□□-□□ 发布

201□-□□-□□ 实施

---

环 境 保 护 部 发布

# 目 次

前 言.....	1
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 总体要求.....	3
5 设计水量和设计水质.....	3
6 工艺设计.....	6
7 检测与过程控制.....	17
8 主要辅助工程.....	19
9 施工与验收.....	19
10 运行与维护.....	23
附录A（规范性附录）流化床生物量的测定.....	26
附录B（规范性附录）载体生物膜厚度及活性的测定 微电极法.....	28

# 前 言

为贯彻《中华人民共和国水污染防治法》，防治水污染，规范好氧生物流化床（内循环）在污水处理工程中的应用，制定本标准。

本标准规定了好氧生物流化床（内循环）污水处理工程的工艺设计、主要设备、检测和控制、运行管理的技术要求。

本标准首次发布。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

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

本标准环境保护部20□□年□□月□□日批准。

本标准自20□□年□□月□□日起实施。

本标准由环境保护部解释。

# 好氧生物流化床（内循环）污水处理工程技术规范

## 1 适用范围

本标准规定了好氧生物流化床（内循环）污水处理工程的工艺设计、主要设备、检测和控制、运行管理的技术要求。

本标准适用于采用好氧生物流化床（内循环）工艺的城镇污水或工业废水处理工程，可作为环境影响评价、设计、施工、环境保护验收及建成后运行与管理的技术依据。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

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 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 18918-2002	城镇污水处理厂污染物排放标准
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 50222	建筑内部装修设计防火规范
GBJ 87	工业企业噪声控制设计规范
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
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 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 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 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）

《城市污水处理工程项目建设标准（修订）》（建设部，2001 年）

《建设项目环境保护竣工验收管理办法》（国家环境保护总局令 第13 号）

### 3 术语和定义

GB 50014确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1 好氧生物流化床（内循环） Internal-circulation aerobic biological fluidized bed

指以悬浮载体如陶粒、聚丙烯载体和橡胶载体等作为微生物载体，以一定流速将空气或纯氧通入流化床内，使混合液（包括废水、压缩空气和载体）在升流区向上流，降流区向下流形成反应器内部的循环流动，并利用载体表面上不断生长的生物膜吸附、氧化并分解废水中的有机物，从而去除废水中污染物的工艺。以下简称流化床。

#### 3.2 载体分离器 Carrier separator

指将悬浮流化状态的生物载体限制在反应区，防止载体和附着在载体上的微生物进入固液分离区，同时使循环液体返回反应区，出水部分进入固液分离区，剩余气体从反应器顶部排出流化床的装置。

#### 3.3 生物载体 Bio-carrier

指为微生物提供稳定附着生长固定界面的材料，具有在冲击负荷下保护微生物和保持生物量的功能。

#### 3.4 预处理 Pretreatment

指进水水质中物理性指标不能满足流化床需要时，需在流化床前设置的处理措施。如格栅、沉

砂池等。

### 3.5 前处理 Preprocessing

指进水水质中生化指标不能满足流化床需要时，根据调整水质的需要，在流化床前设置的处理工艺。如初沉池、缺氧池等。

## 4 总体要求

4.1 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。

4.2 采用流化床技术的污水处理厂（站）应遵守以下规定：

1) 污水处理厂厂址选择和总体布置应符合 GB50014 的相关规定。总图设计应符合 GB50187 的规定。

2) 污水处理厂（站）的防洪标准不应低于城镇防洪标准，且有良好的排水条件。

3) 污水处理厂（站）建筑物的防火设计应符合 GB50016 和 GB50222 等规范的规定。

4) 污水处理厂（站）堆放污泥、药品的贮存场应符合 GB18599 的规定。

5) 污水处理厂（站）建设、运行过程中产生的废气、废水、废渣及其它污染物的治理与排放，应贯彻执行国家现行的环境保护法规和标准的有关规定，防止二次污染。

6) 污水处理厂（站）的设计、建设应采取有效的隔声、消声、绿化等降低噪声的措施，噪声和振动控制的设计应符合 GBJ87 和 GB50040 的规定，机房内、外的噪声应分别符合 GBZ2 和 GB3096 的规定，厂界环境噪声排放应符合 GB12348 的规定。

7) 污水处理厂（站）的设计、建设、运行过程中应重视职业卫生和劳动安全，严格执行 GBZ1、GBZ2 和 GB12801 的规定。在流化床建成运行的同时，安全和卫生设施应同时建成运行，并制定相应的操作规程。

4.3 污水处理厂（站）应按照国家或当地的环境保护管理要求安装在线监测系统。在线监测系统的安装、验收和运行应符合 HJ/T 353、HJ/T 354 和 HJ/T 355 的规定。

## 5 设计水量和设计水质

### 5.1 设计水量

#### 5.1.1 城镇污水设计流量

5.1.1.1 城镇旱流污水设计流量应按公式（1）计算。

$$Q_{dr} = Q_d + Q_m \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$Q_{dr}$  —— 旱流污水设计流量,  $m^3/s$ ;

$Q_d$  —— 设计综合生活污水量,  $m^3/s$ ;

$Q_m$  —— 设计工业废水量,  $m^3/s$ 。

5.1.1.2 城镇合流污水设计流量应按公式 (2) 计算:

$$Q = Q_d + Q_m + Q_s = Q_{dr} + Q_s \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$Q$  —— 合流设计流量,  $m^3/s$ ;

$Q_d$  —— 设计综合生活污水量,  $m^3/s$ ;

$Q_m$  —— 设计工业废水量,  $m^3/s$ ;

$Q_s$  —— 设计雨水量,  $m^3/s$ ;

$Q_{dr}$  —— 旱流污水设计流量,  $m^3/s$ 。

5.1.1.3 设计综合生活污水量为服务人口和相对应的综合生活污水定额之积, 综合生活污水定额应根据当地的用水定额, 结合建筑内部给排水设施水平和排水系统普及程度等因素确定。可按当地相关用水定额的 80%~90% 设计。

5.1.1.4 综合生活污水量总变化系数应根据当地综合生活污水实际变化量的测定资料确定, 没有测定资料时, 可按 GB 50014 中的相关规定取值。如表 1。

**表 1 综合生活污水量总变化系数**

平均日流量 (L/s)	5	15	40	70	100	200	500	$\geq 1000$
总变化系数	2.3	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3

5.1.1.5 排入市政管网的工业废水设计流量应根据城镇市政排水系统覆盖范围内工业污染源废水排放统计调查资料确定。

5.1.1.6 设计雨水量参照 GB 50014 的相关规定及附录 A 确定。

5.1.1.7 在地下水位较高的地区, 应考虑渗入地下水量, 渗入地下水量宜根据实际测定资料确定。

## 5.1.2 工业废水设计流量

5.1.2.1工业废水设计流量应按工厂或工业园区总排放口实际测定的废水流量设计。测试方法应符合HJ/T 91的规定。

5.1.2.2工业废水流量变化应根据工艺特点进行实测。

5.1.2.3不能取得实际测定数据时可参照国家现行工业用水量的有关规定折算确定。或根据同行业同规模同工艺现有工厂排水数据类比确定。

5.1.2.4考虑工业废水与生活污水合并处理时，工厂内或工业园区内的生活污水量、沐浴污水量的确定，应符合GB 50015的有关规定。

5.1.2.5工业园区集中式污水处理厂设计流量的确定可参照城镇污水设计流量的确定方法。

### 5.1.3不同构筑物的设计流量

5.1.3.1提升泵站、格栅井、沉砂池宜按合流污水设计流量计算。

5.1.3.2初次沉淀池宜按旱流污水流量设计，并用合流污水设计流量校核，校核的沉淀时间不宜小于60min。

5.1.3.3反应池和二沉池应按旱流污水量计算，必要时考虑一定的合流水量。

5.1.3.4反应池前、后的水泵、管道等输水设施应按最高日最高时污水流量设计。

## 5.2设计水质

5.2.1 城镇污水的设计水质应根据实际测定的调查资料确定，其测定方法和数据处理方法应符合HJ/T 91的规定。无调查资料时，可按下列标准折算设计：

- 1) 生活污水的五日生化需氧量按每人每天 25g~50g 计算；
- 2) 生活污水的悬浮固体量按每人每天 40g~65g 计算；
- 3) 生活污水的总氮量按每人每天 5g~11g 计算；
- 4) 生活污水的总磷量按每人每天 0.7g~1.4g 计算。

5.2.2 工业废水的设计水质，应根据工业废水的实际测定数据确定，其测定方法和数据处理方法应符合HJ/T 91的规定。无实际测定数据时，可参照同一行业类似工厂的排放资料类比确定。

5.2.3 流化床的进水应符合下列条件：

- 1) 水温宜为 10℃~37℃、pH 宜为 6.0~9.0、BOD<sub>5</sub>/COD<sub>Cr</sub> 值宜大于 0.3、营养组合比（BOD<sub>5</sub>:氮:磷）宜为 100:5:1，要求进水 COD<sub>Cr</sub> 浓度宜低于 1000 mg/L，氨氮浓度宜低于 60mg/L；
- 2) 有去除氨氮要求时，进水总碱度（以 CaCO<sub>3</sub> 计）/氨氮的比值宜≥7.14，不满足时应补充碱度；
- 3) 有脱除总氮要求时，反硝化要求进水的易降解碳源 BOD<sub>5</sub>/总氮值宜≥4.0，总碱度（以 CaCO<sub>3</sub> 计）/氨氮值宜≥3.6，不满足时应补充碳源或碱度；
- 4) 有除磷要求时，污水中的五日生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）/总磷的比值宜大于 17；



5) 要求同时除磷、脱氮时, 宜同时满足 3) 和 4) 的要求。

### 5.3 污染物去除率

好氧生物流化床(内循环)污水处理工艺的污染物去除率可按照表 2 计算。

**表 2 好氧生物流化床(内循环)污水处理工艺的污染物去除率**

污水类别	主体工艺	污染物去除率(%)					
		悬浮物(SS)	五日生化需氧量(BOD <sub>5</sub> )	化学耗氧量(COD <sub>cr</sub> )	氨氮(NH <sub>3</sub> -N)	总氮(TN)	总磷(TP)
城镇污水	初次沉淀+好氧生物流化床(内循环)污水处理	70~90	80~95	80~90	70~80	40~50 (有缺氧区)	40~60 (不加除磷剂) 80~90 (加除磷剂)
工业废水	预/前处理+好氧生物流化床(内循环)污水处理	70~90	80~90	60~80	—	—	—

\*注: 根据水质、工艺流程等情况, 可不设置初沉池。

## 6 工艺设计

### 6.1 一般规定

6.1.1 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。

6.1.2 根据脱氮除磷要求, 可在流化床内设置缺氧区或是在工艺中单独建设缺氧池。

6.1.3 工艺设计应考虑水温变化的影响。

6.1.4 当处理水量大于 2000m<sup>3</sup>/d 时, 宜采用多台流化床联合运行方式, 流化床可按两台或多台布置, 多台布置时宜设置进水配水井。

### 6.2 预处理和前处理

6.2.1 进水系统前应设置格栅。进水泵房及格栅设计应符合 GB50014 的相关规定。

6.2.2 流化床工艺应在格栅后设置沉砂池, 沉砂池的设计应符合 GB50014 的相关规定。

6.2.3 采用流化床工艺处理城镇污水时应在沉砂池后设置初沉池, 初沉池的设计应符合 GB50014 的相关规定。

6.2.4 当水质或水量的日变化最大值为最小值的两倍(或两倍以上)时, 需设置调节池。

6.2.5 pH 调节应符合下列规定:

- a) 当进水 pH>9.0 或 pH<6.0 时, 应及时补充适量酸碱药剂;
- b) 最佳药剂种类、剂量和投加点宜通过现场试验确定;
- c) 酸碱药剂可采用稀盐酸、稀硫酸、石灰或碳酸钠等;

d) 酸碱药剂储存罐容量应为理论加药量的 4d~7d 投加量，加药系统不宜少于 2 个，宜采用计量泵投加；

e) 接触酸碱腐蚀性物质的设备和管道应采取防腐蚀措施。

6.2.6 碳源调节应符合下列规定：

a) 当进水易降解碳源  $BOD_5$ /总氮值 $<4.0$  时，应及时补充适量碳源；

b) 最佳药剂种类、剂量和投加点宜通过现场试验确定；

c) 碳源药剂可采用甲醇或乙酸等；

d) 当采用甲醇作为碳源药剂时，其投加量与污水中  $NO_3^-$ -N 的质量比约为 2.5~3.0；

e) 碳源储存罐容量应为理论加药量的 4d~7d 投加量，加药系统不宜少于 2 个，宜采用计量泵投加；

f) 接触乙酸腐蚀性物质的设备和管道应采取防腐蚀措施；

g) 存储和使用甲醇作为碳源时，应做相应的防毒保护。

6.2.7 当进水水质不符合 5.2.3 规定的条件或含有影响生化处理的物质时，应根据进水水质采取适当的前处理和预处理工艺。

### 6.3 工艺流程

6.3.1 采用流化床工艺处理城镇污水时宜采用以下流程，其中单台反应器的最大污水处理能力为  $2500m^3/d$ ，相应城镇污水处理厂的处理规模应小于  $10000m^3/d$ 。

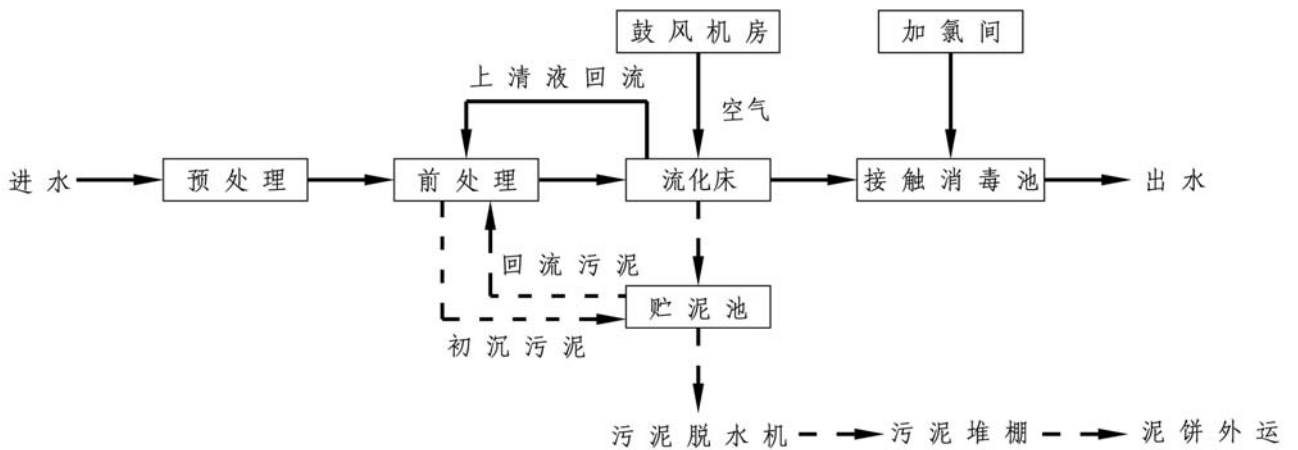


图 1 工艺流程图

6.3.2 采用流化床工艺处理工业废水时宜采用以下流程，串并联使用台数应不多于4台；

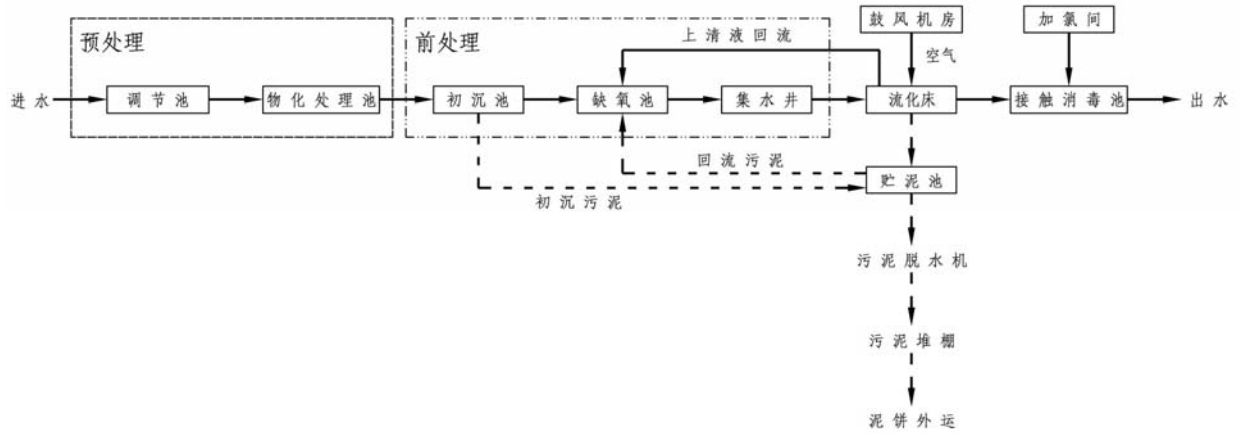


图 2 工业废水处理工艺流程图

## 6.4 流化床设计

### 6.4.1 流化床结构

6.4.1.1好氧生物流化床的结构如图3（a）所示，好氧-缺氧生物流化床的结构如图3（b）所示，其中箭头方向表示反应器中水流的流动方向。

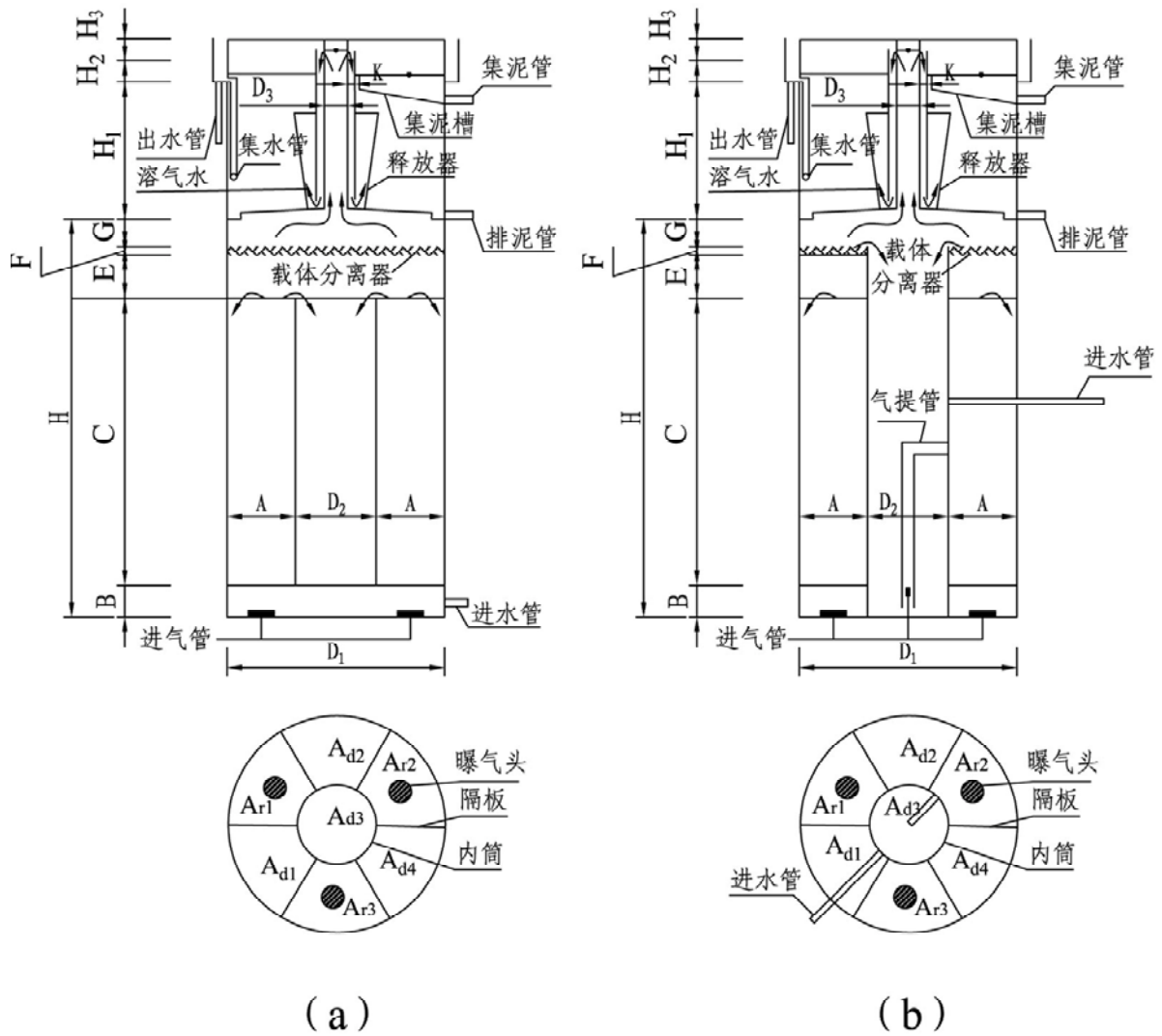


图3 好氧(-缺氧)生物流化床结构图

6.4.1.2 降流区与升流区面积之比 ( $A_d/A_r$ ) 宜为 1~1.5, 其中降流区面积  $A_d=A_{d1}+A_{d2}+A_{d3}+A_{d4}$ , 升流区面积  $A_r=A_{r1}+A_{r2}+A_{r3}$ 。

6.4.1.3 好氧反应区隔板下端距流化床底部的底隙 ( $B$ ) 宜为 600 mm。

6.4.1.4 载体分离器下部空间距离 ( $E$ ) 宜为  $B$  值的 1.0~1.2 倍。

6.4.1.5 载体分离器上部空间距离 ( $G$ ) 宜为  $E$  值的 0.3~0.5 倍。

6.4.1.6 气液分离器中的距离 ( $D_3$ ) 宜为进水管管径的 3~5 倍。

### 6.4.2 好氧反应区容积

6.4.2.1 根据流化床的容积负荷来确定好氧反应区容积时, 应按下式计算:

$$V_1 = Q(S_o - S_e) / N_v \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$V_1$  —— 流化床好氧反应区容积， $m^3$ ；

$Q$  —— 污水设计流量， $m^3/d$ ；

$S_o$  —— 流化床进水五日生化需氧量， $mg/L$ ；

$S_e$  —— 流化床出水五日生化需氧量， $mg/L$ ；

$N_v$  —— 容积负荷， $kgCOD/(m^3 \cdot d)$ 。

6.4.2.2 当废水  $BOD_5/COD_{Cr} > 0.4$  时，公式（3）中的  $N_v$  可取  $3 \sim 10 kgCOD/(m^3 \cdot d)$ ，当废水中  $0.3 < BOD_5/COD_{Cr} < 0.4$  时， $N_v$  可取  $1 \sim 3 kgCOD/(m^3 \cdot d)$ 。

6.4.2.3 根据水力停留时间  $\theta$  来确定好氧反应区容积时，应按下列式计算：

$$V_1 = Q \cdot \theta \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$V_1$  —— 流化床好氧反应区容积， $m^3$ ；

$Q$  —— 污水设计流量， $m^3/d$ ；

$\theta$  —— 水力停留时间， $h$ 。

6.4.2.4 对于生活污水，公式（4）中的  $\theta$  可取  $2 \sim 3h$ ，对于工业废水可取  $3 \sim 4h$  或视其可生化性确定。求出  $V_1$  后应校核负荷。

6.4.2.5 单台流化床的好氧反应区容积不宜超过  $400m^3$ ，可多台流化床并联运行。

### 6.4.3 缺氧反应区容积

6.4.3.1 好氧反应区与缺氧反应区的容积比宜为  $2.5 \sim 3:1$ 。

6.4.3.2 缺氧反应区容积应按下列式计算：

$$\frac{D_1^2 - D_2^2}{D_2^2} = \frac{V_1}{V_2} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$V_1$  —— 好氧反应区容积， $m^3$ ；

$V_2$  —— 缺氧反应区容积， $m^3$ ；

$D_1$  —— 流化床直径， $m$ ；

$D_2$  —— 缺氧反应区直径， $m$ 。

6.4.3.3 流化床直径与缺氧区直径之比宜为  $1.87 \sim 2.0:1$ 。

### 6.4.4 好氧反应区的高径比

$$\frac{H}{D_1} = \frac{H}{2d/N} = \frac{NH}{2d} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$H$  —— 流化床高度，m；

$D_1$  —— 流化床直径，m；

$H/D_1$  —— 好氧反应区高径比；

$N$  —— 流化床分隔数；

$d$  —— 好氧反应区横截面面积相等的圆的直径，m。

6.4.4.1 好氧反应区的高径比宜为 3~8。

6.4.4.2 流化床分隔数应为偶数，可以是 4、6、8 等。

## 6.5 流化床载体

### 6.5.1 载体选择

6.5.1.1 宜选用陶粒载体、聚丙烯悬浮载体和橡胶载体。

6.5.1.2 陶粒载体粒径以 1~2 mm 为宜，比重宜为 1.50g/cm<sup>3</sup> 左右，磨损率宜为 0.5%；聚丙烯悬浮载体粒径以 10~25 mm 为宜，比重为 0.90g/cm<sup>3</sup> 左右；橡胶载体粒径以 2~8 mm 为宜，比重宜为 1.30g/cm<sup>3</sup> 左右。

6.5.1.3 载体的级配以  $d_{\max} / d_{\min} < 2$  为宜。

6.5.1.4 载体的形状应尽量接近球形。

6.5.1.5 载体表面应比较粗糙，以利于微生物栖附、生长。

6.5.1.6 载体上生物膜的厚度宜控制在 100~200 μm，以 120~140 μm 为佳。

### 6.5.2 载体投加量

6.5.2.1 投加载体的体积占好氧反应区的体积比应按下式计算：

$$C_s = \frac{X_v}{1000m_l} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$C_s$  —— 投加载体的体积占好氧反应区的体积比；

$X_v$  —— 流化床内混合液挥发性悬浮固体平均浓度，gMLVSS/L；

$m_l$  —— 单位体积载体上的生物量，g/mL。

6.5.2.2 投加载体的体积宜为好氧反应区体积的 15~30%。

6.5.2.3 流化床中所需的生物浓度应按下式计算：

$$X = \frac{N_v}{N_s} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$X$  ——流化床内生物浓度， $\text{kgMLVSS}/\text{m}^3$ ；

$N_V$  ——容积负荷， $\text{kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ；

$N_s$  ——污泥负荷， $\text{kgCOD}/(\text{kgVSS} \cdot \text{d})$ 。

6.5.2.4 公式 (8) 中的  $N_s$  宜为  $0.2 \sim 1.0 \text{kgCOD}/(\text{kgVSS} \cdot \text{d})$ 。

6.5.2.5 单位体积载体上的生物量应按式计算：

$$m_l = \frac{\rho \rho_c}{\rho_s} \left[ \left( \frac{r + \delta}{r} \right)^3 - 1 \right] \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$m_l$  —— 单位体积载体上的生物量， $\text{g}/\text{mL}$ ；

$\rho$  —— 生物膜干密度， $\text{g}/\text{mL}$ ；

$\rho_c$  —— 载体的堆积密度， $\text{g}/\text{mL}$ ，

$\rho_s$  —— 载体的真密度， $\text{g}/\text{mL}$ ，

$\delta$  —— 膜厚， $\mu\text{m}$ ；

$r$  —— 圆形颗粒平均半径。

### 6.5.3 载体分离器

6.5.3.1 载体分离器结构如图 5 所示。

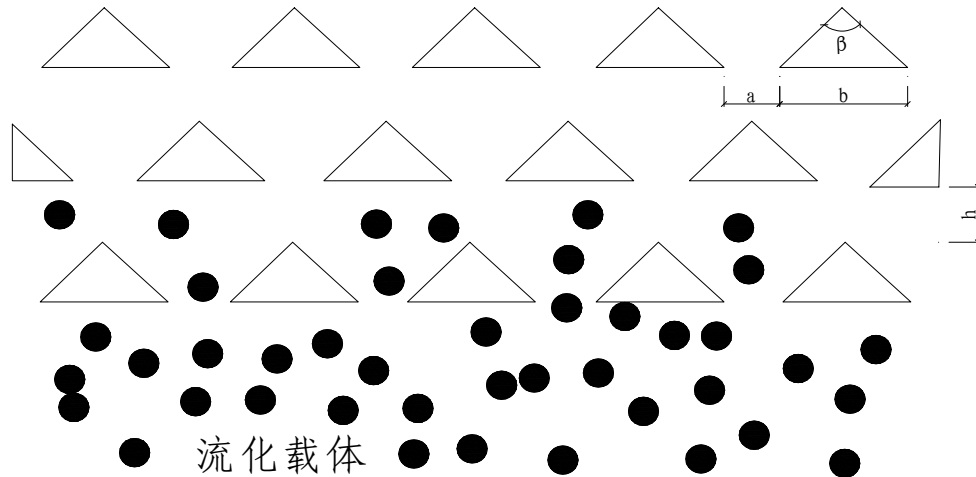


图 4 迷宫式生物载体分离器结构示意图

6.5.3.2 反射锥顶角 ( $\beta$ ) 宜为  $45^\circ \sim 90^\circ$ 。

6.5.3.3 反射锥之间的距离 ( $a$ ) 宜为  $2 \sim 3 \text{cm}$ ，反射锥底面宽度 ( $b$ ) 宜为  $a$  值的  $2 \sim 5$  倍。

6.5.3.4 两层反射锥之间的距离 ( $h$ ) 宜为  $5 \sim 15 \text{cm}$ 。

## 6.6 供氧

6.6.1 流化床宜采用鼓风机曝气供氧，曝气器设在正对升流区的流化床底部，采用均布的中微孔曝气头或穿孔管曝气。

6.6.2 污水需氧量应按下列式计算：

$$O_2 = 0.001aQ(S_o - S_e) - c\Delta X_{vss} + b[0.001Q(N_k - N_{ke}) - 0.12\Delta X_{vss}] \dots \dots \dots (10)$$

$$- 0.62b[0.001Q(N_t - N_{te} - N_{oe}) - 0.12\Delta X_{vss}]$$

式中：

$O_2$ —— 污水需氧量， $\text{kgO}_2/\text{d}$ ；

$Q$ —— 污水设计流量， $\text{m}^3/\text{d}$ ；

$S_o$ —— 流化床进水五日生化需氧量， $\text{mg/L}$ ；

$S_e$ —— 流化床出水五日生化需氧量， $\text{mg/L}$ ；

$\Delta X_{vss}$ —— 流化床排出系统的微生物量， $\text{kg/d}$ ；

$N_k$ —— 流化床进水总凯氏氮浓度， $\text{mg/L}$ ；

$N_{ke}$ —— 流化床出水总凯氏氮浓度， $\text{mg/L}$ ；

$N_t$ —— 流化床进水总氮浓度， $\text{mg/L}$ ；

$N_{te}$ —— 流化床出水总氮浓度， $\text{mg/L}$ ；

$N_{oe}$ —— 流化床出水硝态氮浓度， $\text{mg/L}$ ；

$a$ —— 碳的氧当量，当含碳物质以五日生化需氧量计时，取 1.47；

$b$ —— 氧化每公斤氨氮所需氧量 ( $\text{kgO}_2/\text{kgN}$ )，取 4.57；

$c$ —— 细菌细胞的氧当量，取 1.42。

6.6.3 去除含碳污染物时，流化床曝气时的污水需氧量宜取  $0.7 \sim 1.2 \text{kgO}_2/\text{kgBOD}_5$ 。

6.6.4 标准状态 ( $0.1 \text{MPa}$ ,  $20^\circ\text{C}$ ) 下污水需氧量应按下列式计算：

$$O_s = K_o \cdot O_2 \dots \dots \dots (11)$$

$$K_o = \frac{C_{s(20)}}{\alpha(\beta \cdot \rho \cdot C_{sb(T)} - C_o) \times 1.024^{(T-20)}} \dots \dots \dots (12)$$

$$C_{sb(T)} = C_{s(T)} \left( \frac{P_b}{2.026 \times 10^5} + \frac{O_t}{42} \right) \dots \dots \dots (13)$$



$$P_b = P + 9.8 \times 10^3 H \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$\rho = \frac{P_1}{1.013 \times 10^5} \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$O_t = \frac{21(1-E_A)}{79 + 21(1-E_A)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中：

$O_S$ —— 标准状态下污水需氧量， $\text{kgO}_2/\text{d}$ ；

$K_0$ —— 需氧量修正系数；

$O_2$ —— 污水需氧量， $\text{kgO}_2/\text{d}$ ；

$C_{S(20)}$ —— 标准条件下清水中饱和溶解氧浓度，取  $9.2\text{mg/L}$ ；

$C_{Sb(T)}$ —— 在  $T^\circ\text{C}$ 、大气压条件下，流化床内混合液饱和和溶解氧浓度的平均值， $\text{mg/L}$ ；

$C_{S(T)}$ —— 在  $T^\circ\text{C}$ 、大气压条件下，清水表面饱和和溶解氧浓度值， $\text{mg/L}$ ；

$C_O$ —— 混合液剩余溶解氧，一般取  $2\text{mg/L}$ ；

$\alpha$  —— 混合液中总传氧系数与清水中总传氧系数之比，一般取  $0.8\sim 0.85$ ；

$\beta$  —— 混合液的饱和和溶解氧值与清水中的饱和和溶解氧值之比，一般取  $0.9\sim 0.97$ ；

$\rho$  —— 压力修正系数；

$P_1$ —— 所在地区实际压力， $\text{Pa}$ ；

$T$ —— 设计水温， $^\circ\text{C}$ ；

$P_b$ —— 空气扩散装置出口处的绝对压力， $\text{Pa}$ ；

$H$ —— 空气扩散装置的安装深度， $\text{m}$ ；

$P$ —— 大气压力， $P=1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ；

$E_A$ —— 空气扩散装置的氧利用率，一般由厂商提供；

$O_t$ —— 曝气后流化床水面逸出气体中氧的体积百分比。

6.6.5 标准状态下的鼓风曝气的供气量按下式计算：

$$E_A = \frac{O_s}{S} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (17)$$

$$S = G_s \times 0.21 \times 1.43 = 0.3G_s \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$G_s = \frac{O_s}{0.3} E_A \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中：

$E_A$  ——空气扩散装置的氧利用率，一般由厂商提供；

$O_S$  —— 标准状态下污水需氧量， $\text{kgO}_2/\text{d}$ ；

$S$  —— 供氧量， $\text{kgO}_2/\text{h}$ ；

$G_S$  —— 标准状态下的供气量， $\text{m}^3/\text{h}$ ；

0.21 —— 氧在空气中的百分比；

1.43 —— 氧的容重， $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

6.6.6 流化床工艺选用曝气装置和设备时，应根据不同的鼓风设备、曝气装置、位于水面下的深度、水温、在污水中氧总转移特性，当地的海拔高度以及预期生物流化床中溶解氧浓度等因素，将计算的污水需氧量换算为标准状态下污水需氧量。

6.6.7 流化床工艺宜设置一套备用的供气设备。

6.6.8 单级高速曝气离心鼓风机应符合 HJ/T 278 的规定，罗茨鼓风机应符合 HJ/T 251 的规定，微孔曝气器应符合 HJ/T 252 的规定。

6.6.9 鼓风机应选用低噪声的设备，鼓风机房应采取隔音降噪措施，并符合 GB12523。

## 6.7 化学除磷系统

6.7.1 当出水总磷不能达到排放标准要求时，宜采用化学除磷作为辅助手段。

6.7.2 最佳药剂种类、剂量和投加点宜通过试验确定。

6.7.3 化学除磷的药剂可采用铝盐、铁盐，也可采用石灰。用铝盐或铁盐作混凝剂时，宜投加离子型聚合电解质作为助凝剂。

6.7.4 采用铝盐或铁盐作混凝剂时，其投加混凝剂与污水中总磷的摩尔比宜为 1.5~3。

6.7.5 化学药剂储存罐容量应为理论加药量的 4d~7d 投加量，加药系统不宜少于 2 个，宜采用计量泵投加。

6.7.6 接触铝盐和铁盐等腐蚀性物质的设备和管道应采取防腐蚀措施。

## 6.8 消毒系统

消毒系统的设计应符合 GB 50014 的规定。

## 6.9 回流系统

6.9.1 一体式的流化床主要通过流化床设备内的水力通道和静压力差实现污泥和污水的回流。

6.9.2 为了简化运行并提高反硝化的效果可在流化床外另设缺氧池，通过外回流实现反硝化，流化床出水利用液位差回流至缺氧池，经与进水混合完成反硝化后，用泵提升回流化床。外回流比宜采

用 100~200%或视出水水质及总氮的排放要求确定。

6.9.3 大型流化床另设固液分离设施（如沉淀池或气浮池）时，通过污泥回流保持流化床中的悬浮生物量，污泥回流比宜为 50~100%。污泥回流设施可采用离心泵、混流泵、潜水泵、螺旋泵或空气提升器。

6.9.4 污泥回流设备应不少于 2 台，并设置备用设备，空气提升器可不设备用。当生物处理系统中带有厌氧区（池）、缺氧区（池）时，应选用不易复氧的污泥回流设施。

## 6.10 污泥处理

6.10.1 污泥处理设计应考虑剩余污泥和化学除磷污泥。

6.10.2 剩余污泥量可按下列公式计算：

1) 按污泥泥龄计算：

$$\Delta X = \frac{V\Delta X}{\theta_c} \dots\dots\dots (20)$$

式中：

$\Delta X$ —— 剩余污泥量，kgSS/d；

$V$ —— 流化床的总容积， $m^3$ ；

$X$ —— 流化床内混合液悬浮固体平均浓度，gMLSS/L；

$\theta_c$ —— 污泥泥龄，d。

2) 按污泥产率系数、衰减系数及不可生物降解和惰性悬浮物计算：

$$\Delta X = YQ(S_o - S_e) - K_d VX_v + fQ(SS_o - SS_e) \dots\dots\dots (21)$$

式中：

$\Delta X$ —— 剩余污泥量，kgSS/d；

$Y$ —— 污泥产率系数，20℃时取 0.4~0.8kgVSS/kgBOD<sub>5</sub>；

$Q$ —— 设计平均日污水量， $m^3/d$ ；

$S_o$ —— 流化床进水五日生化需氧量， $kg/m^3$ ；

$S_e$ —— 流化床出水五日生化需氧量， $kg/m^3$ ；

$K_d$ —— 衰减系数， $d^{-1}$ ；

$V$ —— 流化床的总容积， $m^3$ ；

$X_v$ —— 流化床内混合液挥发性悬浮固体平均浓度，gMLVSS/L；

$f$ —— 悬浮物的污泥转换率，宜根据试验资料确定，无试验资料时可取 0.5~

0.7gMLSS/gSS;

$SS_o$  —— 流化床进水悬浮物浓度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$SS_e$  —— 流化床出水悬浮物浓度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

6.10.3 化学除磷污泥量应根据药剂投加量计算。

6.10.4 污泥处理宜设置计量装置, 可采用湿污泥计量和干污泥计量两种方式。

6.10.5 大型污水处理厂宜采用污泥消化等方式实现污泥稳定, 中小型污水处理厂(站)可采用延时曝气方式实现污泥稳定。

6.10.6 污泥脱水系统设计时宜考虑污泥处置的要求。

6.10.7 污泥处理和处置应符合GB50014的规定, 经处理后的污泥应符合CJ3025的规定。

6.10.8 污泥脱水设备可选用厢式压滤机和板框压滤机、污泥脱水用带式压榨过滤机、污泥浓缩带式脱水一体机, 所选用的设备应符合 HJ/T 242、HJ/T 283、HJ/T 335 的规定。

## 7 检测与过程控制

### 7.1 一般规定

7.1.1 流化床污水处理工程应进行检测和控制, 并配置相关的检测仪表和控制系统。

7.1.2 流化床污水处理工程设计应根据工程规模、工艺流程、运行管理要求确定检测和控制内容。

7.1.3 自动化仪表和控制系统应保证流化床系统的安全性和可靠性, 便于运行, 便于改善劳动条件, 提高科学管理水平。

7.1.4 计算机控制管理系统宜兼顾现有、新建和规划要求。

7.1.5 参与控制和管理的机电设备应设置工作和事故状态的检测装置。

### 7.2 过程检测

#### 7.2.1 预处理检测

7.2.1.1 预处理宜设酸碱度计、水位计、水位差计, 大型污水处理厂宜增设化学需氧量检测仪、悬浮物检测仪、流量计。

7.2.1.2 pH 值应控制在 6.0~9.0 之间。

7.2.1.3 进水的化学需氧量、氨氮、悬浮物、流量等是工艺运行管理的重要依据, 检测数据应用于处理工艺的控制。

- 1) 当  $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{cr}} < 0.3$  时, 应增加预处理阶段化学药剂投加量, 提高废水  $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{cr}}$  比值;
- 2) 当氨氮浓度较高时, 应增加预处理和流化床好氧区曝气量;
- 3) 当悬浮物浓度  $> 300 \text{ mg}/\text{L}$  时, 应增加预处理混凝剂和絮凝剂药量;

4) 当水质或水量日变化最大值为最小值的两倍（或两倍以上）时，应开启调节池。

## 7.2.2 流化床检测

7.2.2.1 流化床宜设溶解氧检测仪和水位计，缺氧区的溶解氧浓度应控制在 0.2~0.5mg/L，好氧区的浓度一般不小于 3.0mg/L，条件允许时可采用实时监测设备。

7.2.2.2 流化床出水水质检测项目主要包括：SCOD<sub>cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、TN、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>和 TP，条件允许时可采用实时监测设备。

7.2.2.3 流化床生物量应大于 3 gSS/L，检测仪表应按附录 A 的规定配置。

7.2.2.4 载体生物膜厚度宜控制在 100~200 μm，以 120~140 μm 为佳，检测仪表应按附录 B 的规定配置。

## 7.2.3 回流污泥及剩余污泥检测

7.2.3.1 回流污泥宜设流量计，并采取能满足污泥回流量调节要求的措施，回流污泥量约为进水流量的 50~100%。

7.2.3.2 剩余污泥宜设流量计，条件允许时可增设污泥浓度计，用于监测、统计污泥排出量。

## 7.2.4 加药系统检测

7.2.4.1 流化床出水总磷监测可采用实验室检测方式，药剂根据检测值自动投加；如条件允许时可设总磷在线监测仪，检测值用于自动控制药剂投加系统。

7.2.4.2 流化床反硝化区域出水硝酸盐氮监测可采用实验室检测方式，药剂根据检测值自动投加；如条件允许时可设总磷在线监测仪，检测值用于自动控制药剂投加系统。

## 7.3 过程控制与控制系统

7.3.1 流化床污水处理厂（站）应根据其处理规模，在满足工艺控制条件的基础上合理选择配置集散控制系统（DCS）或可编程序控制系统（PLC）。

7.3.2 采用成套设备时，成套设备自身的控制宜与流化床污水处理厂（站）设置的控制系统结合。

7.3.3 自动控制系统应具有信息收集、处理、控制、管理和安全保护功能。

7.3.4 自动控制系统的设计应符合下列要求：

- 1) 宜对控制系统的监测层、控制层和管理层做出合理配置；
- 2) 应根据工程具体情况，经技术经济比较后选择网络结构和通信速率；
- 3) 对操作系统和开发工具要从运行稳定、易于开发、操作界面方便等多方面综合考虑；
- 4) 根据企业需求和相关基础设施，宜对企业信息化系统做出功能设计；
- 5) 厂（站）级中央控制室宜设专用配电箱，并由变配电系统引专用回路供电；
- 6) 厂（站）级控制室面积应视其使用功能设定，并应考虑今后的发展；

7) 防雷和接地保护应符合国家现行标准的要求。

## 8 主要辅助工程

### 8.1 供电系统

8.1.1 流化床工艺装置的用电负荷应为二级负荷。

8.1.2 流化床工艺装置的高、低压用电电压等级应与其供电的电网电压等级相一致。

8.1.3 流化床工艺装置的中央控制室的仪表电源应配备在线式不间断供电电源设备（UPS）。

8.1.4 流化床工艺装置的接地系统宜采用三相五线制系统（TN-S）。

### 8.2 低压配电

变电所低压配电室的配电设备布置，应符合国家标准 GB 50053 的规定。

### 8.3 二次线

8.3.1 流化床工艺线上的电气设备宜设置现场和控制室的双重控制，并纳入工控机系统。

8.3.2 流化床电气系统的控制水平应与工艺水平相一致。

## 9 施工与验收

### 9.1 一般规定

9.1.1 工程设计、施工单位应具有国家相应的工程设计、施工资质；工程项目宜通过招投标确定施工单位和设计、监理单位。

9.1.2 应按工程设计图纸、技术文件、设备图纸等组织工程施工，工程的变更应取得设计单位的设计变更文件后再实施。

9.1.3 施工前，应进行施工组织设计或编制施工方案，明确施工质量负责人和施工安全负责人，经批准后方可实施。

9.1.4 施工过程中，应作好材料设备、隐蔽工程和分项工程等中间环节的质量验收；隐蔽工程应经过中间验收合格后，方可进行下一道工序施工。

9.1.5 管道工程的施工和验收应符合 GB50268 的规定；混凝土结构工程的施工和验收应符合 GB50204 的规定；构筑物的施工和验收应符合 GBJ141 的规定。

9.1.6 施工使用的材料、半成品、部件应符合国家现行标准和设计要求，并取得供货商的合格证书，严禁使用不合格产品。设备安装应符合 GB 50231 的规定。

9.1.7 工程竣工验收后，建设单位应将有关设计、施工和验收的文件立卷归档。

## 9.2 施工

### 9.2.1 土建施工

9.2.1.1 在进行土建施工前应认真阅读设计图纸，了解结构型式、基础（或地基处理）方案、池体抗浮措施以及设备安装对土建的要求，土建施工应事先预留预埋，设备基础应严格控制在设备要求的误差范围内。

9.2.1.2 土建施工应重点控制池体的抗浮处理、地基处理、池体抗渗处理，满足设备安装对土建施工的要求。

9.2.1.3 对于软弱地基上的工程，需对地基进行处理时，应确保地基处理的可靠性，严防池体因不均匀沉降而导致开裂。

9.2.1.4 模板、钢筋、砼分项工程应严格执行 GB50204 规定，并符合以下要求：

- 1) 模板架设应有足够强度、刚度和稳定性，表面平整无缝隙，尺寸正确；
- 2) 钢筋规格、数量准确，绑扎牢固应满足搭接长度要求，无锈蚀；
- 3) 砼配合比、施工缝预留、伸缩缝设置、设备基础预留孔及预埋螺栓位置均应符合规范和设计要求，冬季施工应注意防冻。

9.2.1.5 施工过程中应加强建筑材料和施工工艺的控制，杜绝出现裂缝和渗漏。出现渗漏处，应会同设计等有关方面确定处理方案，彻底解决问题。

9.2.1.6 现浇钢筋混凝土水池施工允许偏差应符合表 3 的规定。

表 3 现浇钢筋混凝土水池施工允许偏差

项次	项目		允许偏差 (mm)
1	轴线位置	底板	15
		池壁、柱、梁	8
2	高程	垫层、底板、池壁、柱、梁	±10
3	平面尺寸（混凝土底板和池体长、宽或直径）	$L \leq 20m$	±20
		$20m < L \leq 50m$	±L/1000
		$50m < L \leq 250m$	±50
4	截面尺寸	池壁、柱、梁、顶板	+10
		洞、槽、沟净空	±10
5	垂直度	$H \leq 5m$	8
		$5m < H \leq 20m$	1.5H/1000

6	表面平整度（用 2m 直尺检查）		10
7	中心位置	预埋件、预埋管	5
		预留洞	10
注：L 为底板和池体的长、宽或直径；H 为池壁、柱的高度。			

## 9.2.2 设备安装

9.2.2.1 流化床的曝气器（曝气头或曝气管）应水平安装，曝气器的气孔处于同一个高程的水平面上。

9.2.2.2 设备基础应按照设计要求和图纸规定浇筑，砼强度等级、基面位置高程应符合说明书和技术文件规定。混凝土基础应平整坚实，并有隔振的措施。

9.2.2.3 预埋件水平度及平整度应符合 GB 50231 规定。

9.2.2.4 地脚螺栓应按照原机出厂说明书的要求预埋，位置应准确，安装应稳固。

9.2.2.5 安装好的流化床等应严格符合外形尺寸的公称允许偏差，不允许超差。

9.2.2.6 各种机电设备安装后试车应满足下列要求：

- 1) 启动时应按照标注箭头方向旋转，启动运转应平稳，运转中无振动和异常声响；
- 2) 运转啮合与差动机构运转应按产品说明书的规定同步运行，没有阻塞、碰撞现象；
- 3) 运转中各部件应保持动态所应有的间隙，无抖动晃摆现象；
- 4) 试运转用手动或自动操作，设备全程完整动作 5 次以上，整体设备应运行灵活，并保持紧张状态；
- 5) 各限位开关运转中动作及时，安全可靠；
- 6) 电机运转中温升在正常值内；
- 7) 各部轴承注加规定润滑油，应不漏、不发热，温升小于 60° C；

## 9.3 工程验收

9.3.1 流化床工程验收包括中间验收和竣工验收；中间验收应由施工单位会同建设单位、设计单位、质量监督部门共同进行；竣工验收应由建设单位组织施工、设计、管理、质量监督及有关单位联合进行。

9.3.2 中间验收包括验槽、验筋、主体验收、安装验收、联动试车。中间验收时应按相应的标准进行检验，并填写中间验收记录。

9.3.3 竣工验收应至少提供以下资料：



- 1) 施工图及设计变更文件;
- 2) 主要材料和设备的合格证或试验记录;
- 3) 施工测量记录;
- 4) 混凝土、砂浆、焊接及水密性、气密性等试验、检验记录;
- 5) 施工记录;
- 6) 中间验收记录;
- 7) 工程质量检验评定记录;
- 8) 工程质量事故处理记录。

9.3.4 竣工验收时应核实竣工验收资料，进行必要的复查和外观检查，并对下列项目做出鉴定，填写竣工验收鉴定书。竣工验收鉴定书应包括以下项目：

- 1) 构筑物的位置、高程、坡度、平面尺寸，设备、管道及附件等安装的位置和数量;
- 2) 结构强度、抗渗、抗冻的等级;
- 3) 构筑物的水密性;
- 4) 外观，构筑物的裂缝、蜂窝、麻面、露筋、空鼓、缺边、掉角以及设备、外露的管道安装等是否影响工程质量。

9.3.5 流化床安装完成后应按照 GBJ141 的规定进行满水试验，地面以下渗水量应符合设计规定，最大不得超过  $2L/(m^2 \cdot d)$ 。

9.3.6 泵站和风机房等都应按设计的最多开启台数作 48h 运转试验，水泵和污泥泵的流量和机组功率应作测定，有条件的应测定其特性曲线。

9.3.7 鼓风曝气系统安装平整牢固，布置均匀，曝气头无漏水现象，曝气管内无杂质，曝气量满足设计要求，曝气稳定均匀。

9.3.8 检查导流板的安装强度，不得有振动现象。

9.3.9 闸门、闸阀和溢流堰不得有漏水现象。

9.3.10 排水管道应做闭水试验，上游充水管保持在管顶以上 2m，外观检查应 24h 无漏水现象。

9.3.11 空气管道应做气密性试验，24h 压力降不超过允许值为合格。

9.3.12 进口设备除参照国内标准外，必要时参照国外标准和其它相关标准进行验收，调试时应有外商指定人员现场参加指导。

9.3.13 仪表、化验设备应有计量部门的确认。

9.3.14 变电站高压配电系统应由供电局组织电检、验收。

## 9.4 环境保护验收

9.4.1 流化床污水处理厂（站）应进行纳污养菌调试，在正式投入生产或使用之前，建设单位应向环境保护行政主管部门提出环境保护竣工验收申请。

9.4.2 流化床污水处理厂（站）竣工环境保护验收应按照《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定和工程环境影响评价报告的批复进行。

9.4.3 流化床污水处理厂（站）验收前应进行试运行，测定设施的技术数据和经济指标数据，填写试运行记录作为验收资料之一，内容包括：

- 1) 各组建筑物都应按设计负荷，全流程通过所有构筑物，以考核各构筑物高程布置有否问题；
- 2) 测试并计算各构筑物的工艺参数；
- 3) 测定沉砂池的沉砂量，含水率及灰分；
- 4) 测定沉淀池的污泥量、含水率及灰分；
- 5) 测定剩余污泥量、含水率及灰分；
- 6) 统计全厂进出水量、用电量和各分项用电量；

7) 计算全厂技术经济指标：五日生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）去除总量、五日生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）去除单耗（度电/kgBOD<sub>5</sub>）、污水处理成本(元/kgBOD<sub>5</sub>)。

## 10 运行与维护

### 10.1 一般规定

10.1.1 流化床工艺污水处理设施的运行、维护及安全管理应参照 CJJ 60 执行。

10.1.2 污水处理厂（站）的运行管理应配备专业人员和设备。

10.1.3 污水处理厂（站）在运行前应制定设备台帐、运行记录、定期巡视、交接班、安全检查等管理制度，以及各岗位的工艺系统图、操作和维护规程等技术文件。

10.1.4 操作人员应熟悉本厂（站）处理工艺技术指标和设施、设备的运行要求；经过技术培训和生产实践，并考试合格后方可上岗。

10.1.5 各岗位的工艺系统图、操作和维护规程等应示于明显部位，运行人员应按规程进行系统操作，并定期检查设备检查构筑物、设备、电器和仪表的运行情况。

10.1.6 工艺设施和主要设备应编入台帐，定期对各类设备、电气、自控仪表及建（构）筑物进行检修维护，确保设施稳定可靠运行。

10.1.7 运行人员应遵守岗位职责，坚持做好交接班和巡视。

10.1.8 应定期检测进出水水质，并对检测仪器、仪表进行校验。

10.1.9 运行中应严格执行经常性的和定期的安全检查，及时消除事故隐患，防止事故发生。

10.1.10 各岗位人员在运行、巡视、交接班、检修等生产活动中，应做好相关记录。

## 10.2 水质检验

10.2.1 污水处理厂（站）应设水质检验室，配备检验人员和仪器。

10.2.2 水质检验室内部应建立健全水质分析质量保证体系。

10.2.3 检验人员应经培训后持证上岗，并应定期进行考核和抽检。

10.2.4 进水 COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N、SS、流量宜每班（7h）或每天检测一次。

10.2.5 流化床溶解氧浓度应每隔 7h 检测一次。

10.2.6 流化床生物量应每隔 12h 检测一次，检测方法详见附录 A。

10.2.7 载体生物膜厚度测试方法详见附录 B。

10.2.8 本标准 7.2.2.2 规定的流化床出水检测项目应每隔 12h 检测一次。

10.2.9 检验方法应符合 CJ/T51 的规定。

## 10.3 运行调节

10.3.1 处理水量变化较大时，应按高峰期日处理水量、低谷期日处理水量、日均处理水量调整运行参数。

10.3.2 一天中设施进水量随时间变化较大时，宜调节进水量相对稳定，使流化床处于良好运行状态。

10.3.3 排水时要求水面匀速下降，下降速度宜小于 30mm/min，最大不宜大于 35mm/min。

10.3.4 当 SCOD<sub>Cr</sub> 浓度出现异常波动时，应及时检测污水毒性，并调整工艺各构筑物的回流污泥量、水力停留时间和污泥停留时间等。

10.3.5 当 NH<sub>3</sub>-N、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 和 TN 浓度出现异常波动时，应及时调整工艺各构筑物的曝气量、回流污泥量、上清液回流量（视 TN 去除率确定）和碳源投加量等。

10.3.6 当 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>和 TP 浓度出现异常波动时，应及时调整工艺各构筑物的曝气量、回流污泥量、上清液回流量和除磷药剂投加量等。

10.3.7 出水氨氮不能达到排放标准时，应通过以下方式进行调整：

- a) 减少剩余污泥排放量，提高好氧污泥龄；
- b) 提高好氧段溶解氧水平；
- c) 系统碱度不够时宜适当补充碱度。

10.3.8 出水总氮不能达到排放标准时，应通过以下方式进行调整：

- a) 适当降低好氧反应区内溶解氧浓度，人为增设缺氧区容积；

b) 投加甲醛或食物酿造厂等排放的高浓度有机废水，维持污水的碳氮比，满足反硝化细菌对碳源的需要。

10.3.9 出水总磷不能达到排放标准时，应通过以下方式进行调整：

- a) 投加化学药剂除磷；
- b) 增大剩余污泥的排放。

#### 10.4 曝气调节

10.4.1 鼓风曝气系统曝气开始时应排放管路中的存水，并经常检查自动排水阀的可靠性。

10.4.2 逐步开启各分区曝气器的供气阀门，调节各曝气区的供气平衡。

10.4.3 曝气时，流化床（内循环）好氧反应区溶解氧浓度宜为 3mg/L，缺氧反应区溶解氧浓度宜为 0.5mg/L。

10.4.4 应及时检查曝气器堵塞和损坏情况，保持曝气系统状态良好。

#### 10.5 污泥观察与调节

10.5.1 应经常观察活性污泥的颜色、状态、气味、生物相以及上清液的透明度，定时测试、计算以上技术指标。

10.5.2 流化床的排泥量可根据污泥沉降比和混合液污泥浓度确定（测定方法见附录 A）。

#### 10.6 维护

10.6.1 应将流化床的维护保养作为全厂（站）维护的重点。

10.6.2 操作人员应严格执行设备操作规程，定时巡视设备运转是否正常，包括温升、响声、振动、电压、电流等，发现问题应尽快检查排除。

10.6.3 应保持设备各运转部位和可调阀门良好的润滑状态，及时添加润滑油、除锈；发现漏油、渗油情况，应及时解决。

10.6.4 应定期检查固液分离区内是否有载体的积存，如发现有载体积存说明载体分离器运行不正常，应检查载体分离器，调整供气量，并将固液分离区的载体收集后返回反应区。

10.6.5 鼓风曝气系统曝气开始时应排放管路中的存水，并经常检查自动排水阀的可靠性。

10.6.6 应及时检查曝气器堵塞和损坏情况，保持曝气系统状态良好。

附录 A  
(规范性附录)  
流化床生物量的测定

A.1 适用范围

适用于重量法测定流化床生物量。

A.2 方法原理

流化床中的总生物量 A 由固定生物量 B 和悬浮生物量 C 两部分组成。其中固定生物量是生长在生物载体上的微生物量。悬浮生物量是在流化床混合液中呈悬浮状态的微生物量，包括了脱落的生物膜和少量的生物污泥絮体。正常情况下固定生物量 B 应远大于悬浮生物量 C。

$$\text{总生物量 } A = \text{固定生物量 } B + \text{悬浮生物量 } C \dots\dots\dots (1)$$

A.3 仪器和设备

A.3.1 分析天平，精度为 $\pm 0.0001\text{g}$ 。

A.3.2 烘箱。

A.3.3 中速定量滤纸。

A.3.4 吸滤瓶（容积为 500 ml 或 1000 ml）。

A.3.5 真空泵。

A.4 分析步骤

A.4.1 悬浮生物量的测定：

悬浮生物浓度 D 的测定可采用活性污泥法的混合液悬浮固体（MLSS）浓度的测定方法。测定步骤如下：

- (1) 将称量瓶和滤纸在  $105^{\circ}\text{C}$  的烘箱中烘干衡重，用天平称量，并记录重量为 W1；
- (2) 取一定体积 v 的流化床混合液，用烘干衡重的滤纸过滤；
- (3) 过滤完成后将带污泥的滤纸置于称量瓶中，并放在  $105^{\circ}\text{C}$  的烘箱中烘干衡重，用天平称量，并记录重量为 W2；

$$\text{悬浮生物浓度 } D = (W2 - W1) / v \quad (\text{单位: } \text{g}/\text{m}^3) \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{悬浮生物量 } C = (1 - \eta) \times [D \times V (\text{池容积})] / 1000 \quad (\text{单位: } \text{kg}) \dots\dots\dots (3)$$

上式中的  $\eta$  是生物载体的填充率（单位：%）。

A.4.2 平均固定生物量的测定：

由于在流化床中不同位置生物载体上的固定生物量分布的不均匀性，只能通过对池中具有一定代表性的点位进行采样，测出平均的固定生物量。测定步骤如下：

- (1) 确定流化床中具有一定代表性的点位，在每一处取样点取等量 G 的长有生物膜的载体（如悬浮载体可取相同个数）。如果考虑流化床不同深度载体上生长的生物量差异，还

可以依据不同深度进行载体的采样。

- (2) 将适合放置载体的蒸发皿在 105° C 的烘箱中烘干衡重，备用；
- (3) 将采集的带有生物膜的载体置于蒸发皿中在 105° C 的烘箱中烘干衡重，并用天平称量，得重量 W3；
- (4) 将等量的同类新载体置于蒸发皿中在 105° C 的烘箱中烘干衡重，并用天平称量，得重量 W4；

$$\text{单位载体的生物量 } W5 = [(W3-W4)_1 + (W3-W4)_2 + \dots + (W3-W4)_{n-1} + (W3-W4)_n] / (G \times n)$$

(单位：g 生物/个载体，g 生物/cm 载体) ..... (4)

上式中的下角标 1, 2, ..., n-1, n 表示不同的采样点；

- (5) 平均固定生物量是流化床的固定生物总量；

$$\text{平均固定生物量 } W6 = [W5 \times N \text{ (或 } L)] / 1000 \quad (\text{单位: kg}) \dots\dots\dots (5)$$

上式中 N 为流化床中悬浮载体的总数 (个)，L 为流化床中悬挂式载体的总长度 (cm)。

注：在给出生物量测定结果时，应同时提供进行测定的条件，包括生物量测定时的进水容积负荷、溶解氧浓度和培养时间等。

## 附录 B

### (规范性附录)

#### 载体生物膜厚度及活性的测定 微电极法

##### B.1 适用范围

适用于微电极法测定载体生物膜厚度。

##### B.2 方法原理

在显微镜的观察下,利用微动平台精确控制微电极在生物膜中的插入情况,由微动平台的移动距离获得生物膜的厚度;利用微动平台精确定位微电极在生物膜中的位置,由氧(O<sub>2</sub>)、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>微电极的测量信号,在工作曲线上查得相应的浓度,从而获得生物膜内特征参数的浓度分布情况,根据生物膜内部传质和反应原理,计算生物膜耗氧、硝化和反硝化等活性。

##### B.3 试剂和材料

###### B.3.1 总体要求

所用试剂不低于分析纯。

所用水应符合 GB/T 6682 中规定的三级水要求。

###### B.3.2 铵盐标定母液

称取 1.337g 已在 (105-110) °C 干燥 2h 的优级纯氯化铵 (NH<sub>4</sub>Cl) 溶于水,移入 250ml 容量瓶中,稀释至标线,混匀,加入 2ml 三氯甲烷作保存剂,混匀,至少可稳定 6 个月。

###### B.3.3 硝酸盐标定母液

称取 2.527g 已在 (105-110) °C 干燥 2h 的优级纯硝酸钾 (KNO<sub>3</sub>) 溶于水,移入 250ml 容量瓶中,稀释至标线,加 2ml 三氯甲烷作保存剂,混匀,至少可稳定 6 个月。

##### B.4 仪器和设备

B.4.1 天平:分析天平,精度为±0.0001g。

B.4.2 显微镜:体式显微镜,放大倍数>10x。

B.4.3 微动平台:精度 10μm。

B.4.4 微电极:尖端直径<50μm。

B.4.5 玻璃毛坏柱:尖端直径<20μm。

B.4.6 皮安计:分辨率 0.05pA。

B.4.7 电压计:输入阻抗>10<sup>12</sup>欧姆,分辨率 0.1mV。

B.4.8 氧微电极标定装置:包括①两个都配有减压阀的高压气瓶,一个为高压空气瓶,一个为高压氮气瓶;②两台气体流量计;③一个简单的气体混合罐;④曝气头;⑤氧电极标定室;⑥橡胶管等

联接材料。

B.4.9 玻璃器具：250ml 容量瓶；10ml 移液管；100mm 表面皿。

## B.5 分析步骤

### B.5.1 生物膜厚度的测定

B.5.1.1 从载体上剪取一小块生物膜（面积约  $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ ），放置在表面皿中。

B.5.1.2 取一根玻璃毛坯柱，固定在微动平台上，在体式显微镜观察下，将玻璃毛坯柱尖端放置在生物膜/水交界面。

B.5.1.3 记录此时微动平台的起始位置  $X_1$ 。

B.5.1.4 在微动平台控制下，将玻璃毛坯柱逐渐插入生物膜中，直到玻璃毛坯柱略微弯曲。

B.5.1.5 记录此时微动平台的终止位置  $X_2$ 。

B.5.1.6 生物膜厚度  $L = X_2 - X_1$ 。

B.5.1.7 由于在生物接触氧化池中不同位置载体上的生物膜厚度可能不同，可以从多个生物载体上取样，重复上述测定步骤，对得到的生物膜厚度取平均值，以代表生物接触氧化池的平均生物膜厚度。

### B.5.2 生物膜活性的测定

B.5.2.1 根据微电极供应商提供的方法正确使用微电极，其中氧微电极信号采用皮安计测量； $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$ 微电极信号采用高阻抗电压计测量。

#### B.5.2.2 微电极工作曲线的绘制

##### B.5.2.2.1 氧微电极

在氧微电极标定室中加入纯水，分别通入氧分压为 25%，12.5%，0%的气体，记录各个氧分压条件下的微电极输出信号，此外，根据测量温度和氧分压值，查找对应的饱和溶解氧浓度，绘制氧浓度与微电极输出信号的工作曲线。

##### B.5.2.2.2 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 微电极

①移取 10ml 铵盐标定母液放入 250ml 容量瓶中，用水稀释至标线，摇匀；移取 10ml 上述溶液放入 250ml 容量瓶中，用水稀释至标线，摇匀；如此依次稀释，配置浓度分别为  $1 \times 10^{-2}$ ， $1 \times 10^{-3}$ ， $1 \times 10^{-4}$ ， $1 \times 10^{-5}$  M 的铵盐标定溶液。

根据不同铵盐标定溶液对应的微电极测量值，绘制工作曲线。

②移取 10ml 硝酸盐标定母液放入 250ml 容量瓶中，用水稀释至标线，摇匀；移取 10ml 上述溶液放入 250ml 容量瓶中，用水稀释至标线，摇匀；如此依次稀释，配置浓度分别为  $1 \times 10^{-2}$ ， $1 \times 10^{-3}$ ， $1 \times 10^{-4}$ ， $1 \times 10^{-5}$  M 的硝酸盐标定溶液。



根据不同硝酸盐标定溶液对应的微电极测量值，绘制工作曲线。

B.5.2.2.3 微电极每次使用前需要重新绘制工作曲线。

B.5.2.3 生物膜内特征参数的浓度分布测定

B.5.2.3.1 从载体上剪取一小块生物膜（面积约 2mm×2mm），放置在表面皿中。

B.5.2.3.2 取一根微电极，固定在微动平台上，在体式显微镜观察下，将微电极尖端靠近生物膜表面。

B.5.2.3.3 在微动平台控制下，按照一定的步长将微电极逐渐插入生物膜中，记录插入距离与响应信号的关系。

B.5.2.3.4 查找工作曲线，获得生物膜不同深度上的特征参数浓度分布情况。

B.5.2.4 生物膜耗氧、硝化和反硝化活性的推导

B.5.2.4.1 生物膜耗氧活性的推导公式如下：

$$R_o = D_{e,o} \cdot d^2 C_o / dz^2 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$R_o$ ——生物膜耗氧活性；

$D_{e,o}$ ——氧有效扩散系数， $\text{cm}^2/\text{s}$ ；

$C_o$ ——氧浓度， $\text{mg/L}$ ；

$z$ ——生物膜插入深度， $\mu\text{m}$ 。

B.5.2.4.2 生物膜硝化活性的推导公式如下：

$$R_{NH} = D_{e,NH} \cdot d^2 C_{NH} / dz^2 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$R_{NH}$ ——生物膜硝化活性；

$D_{e,NH}$ ——铵盐有效扩散系数， $\text{cm}^2/\text{s}$ ；

$C_{NH}$ ——铵盐浓度， $\text{mg/L}$ ；

$z$ ——生物膜插入深度， $\mu\text{m}$ 。

B.5.2.4.3 生物膜反硝化活性的推导公式如下：

$$R_{NO} = D_{e,NO} \cdot d^2 C_{NO} / dz^2 - R_{NH} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$R_{NO}$ ——生物膜反硝化活性；

$D_{e,NO}$ ——硝酸盐有效扩散系数， $\text{cm}^2/\text{s}$ ；

$C_{NO}$ ——硝酸盐浓度，mg/L；

$z$ ——生物膜插入深度， $\mu\text{m}$ 。

#### B.5.2.5 平均生物膜活性

由于在生物接触氧化池中不同位置载体上的生物膜活性可能不同，可以从多个生物载体上取样，重复上述测定步骤，对得到的生物膜活性取平均值，以代表生物接触氧化池的平均生物膜活性。

---