

# HJ

## 中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 2007-2010

---

### 污水气浮处理工程技术规范

Technical specifications for floatation process in wastewater treatment

本电子版为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的正式标准文本为准。

2010-12-17 发布

2011-03-01 实施

---

环 境 保 护 部 发布



# 目 次

前 言.....	II
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 污染物与污染负荷.....	2
5 总体要求.....	2
6 工艺设计.....	3
7 主要工艺设备与材料.....	12
8 检测与过程控制.....	13
9 主要辅助工程.....	13
10 劳动安全与职业卫生.....	13
11 施工与验收.....	13
12 运行与维护.....	13
附录 A.....	15

## 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国水污染防治法》，规范污水气浮处理工程建设，改善环境质量，制定本标准。

本标准规定了污水处理工程中所采用气浮工艺的总体要求、工艺设计、设备选型、检测和控制、运行管理的技术要求。

本标准为首次发布。

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：江苏省环境科学研究院、东南大学、江苏鹏鹞环境工程设计院、扬州澄露环境工程有限公司。

本标准环境保护部 2010 年 12 月 17 日批准。

本标准自 2011 年 3 月 1 日起实施。

本标准由环境保护部负责解释。

# 污水气浮处理工程技术规范

## 1 适用范围

本标准规定了污水处理工程中所采用气浮工艺的总体要求、工艺设计、设备选型、检测和控制、运行管理的技术要求。

本标准适用于城镇污水或工业废水处理工程采用气浮工艺的设计、施工、验收、运行管理，可作为可行性研究、环境影响评价、工艺设计、施工验收、运行管理的技术依据。

## 2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 50141	给水排水构筑物工程施工及验收规范
GB50204	混凝土结构工程施工质量验收规范
GB50205	钢结构工程施工质量验收规范
CJJ60	城市污水处理厂运行、维护及安全安全技术规程
CJ/T51	城市污水水质检验方法标准
HJ/T355	水污染源在线监测系统运行与考核技术规范（试行）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1 气浮 floatation

指通过某种方法产生大量微气泡，粘附水中悬浮和脱稳胶体颗粒，在水中上浮完成固液分离的一种过程。

### 3.2 电凝聚（电解）气浮法 electrolytic flotation

指废水在外电压作用下，利用可溶性阳极，产生大量金属离子及其缩聚物，对废水中的悬浮和脱稳胶体颗粒进行凝聚，而阴极则产生氢气，与絮体发生粘附，从而上浮分离。

### 3.3 惰性电极 inert electrode

指在电解气浮中，电极本身不参与反应的惰性材料电极。

### 3.4 静电压 static voltage

指电解气浮产生电解效应的临界电压（也称超电压）。

### 3.5 可溶性电极 soluble electrode

指在电解气浮中参与反应的电极，如铁板、铝板电极。

### 3.6 电流密度 current density

指电解气浮中通过单位面积板上的电流量。

### 3.7 比电流 ratio current

指单位水流量通过的电流。

### 3.8 散气气浮 falloff flotation

指用机械方法破碎空气产生大量微气泡完成气浮的工艺。包括扩散板曝气气浮法和叶轮曝气气浮法两种。

### 3.9 真空气浮法 vacuum floatation

指在常压下对水进行充分曝气，使水中溶气趋于饱和后，将其连续送入真空气浮室中，溶气水中空气在真空下释放，粘附水中絮体上浮分离，处理水通过压力调节室连续排出的工艺方法。

### 3.10 加压溶气气浮 pressurized dissolved-air flotation

指使空气在一定压力作用下溶解于水中，达到饱和状态后再急速减压释放，空气以微气泡逸出，与水中杂质接触使其上浮的处理方法。

3.11 浅层气浮 shallow air flotation

指旋转布水与溶气释放同步进行的一种回转式浅层压力溶气气浮。

3.12 溶气饱和度 dissolved-air saturation

指在一定压力和温度条件下空气溶解于水中达到饱和的溶解度。

3.13 回流溶气 reflux dissolved-air

指将气浮池出水进行部分回流加压溶气并减压释放，与入流污水接触完成气浮的工艺。

3.14 全溶气 whole dissolved-air

指将全部入流污水进行加压溶气，再经过减压释放进入气浮池进行固液分离的一种工艺。

3.15 部分溶气 part dissolved-air

指将部分入流污水进行加压溶气，再经过减压释放进入气浮池进行固液分离的一种工艺。

3.16 释放器 releaser

指将溶气水突然减压，使水中饱和气体以微气泡形式释放出来的装置。

3.17 喷淋密度 spray density

指溶气罐中单位时间单位面积的喷淋水流量。

3.18 水力负荷 hydraulic loading

指单位时间内溶气罐单位过水面积通过的溶气水量。

3.19 表面负荷 surface loading

指单位时间内气浮池分离区单位表面积净化的水量。

## 4 污染物与污染负荷

### 4.1 气浮工艺的处理水量要求

气浮工艺适用于处理中小水量的工业废水或城镇综合污水。

### 4.2 气浮工艺的处理水质要求

1) 气浮工艺处理对象为疏水性悬浮物(SS)及脱稳胶体颗粒，原水SS浓度可以高达5000~10000mg/L。

2) 气浮池出水SS一般可小于20~30mg/L，出水直接排放时，应符合国家或地方排放标准的要求；排入下一级处理系统时，应满足下一级处理系统的进水水质要求。

3) 水质、水量变化大的气浮工艺污水处理厂(站)，应设置调节设施。

### 4.3 气浮工艺适合处理的污染物

1) 气浮工艺适用于水中悬浮物分离及物料回收，对密度小的纤维类、油类、微生物、表面活性剂的分离尤其具优势。

2) 气浮工艺的主要类型有电解气浮法、叶轮气浮法、加压溶气气浮法、浅层气浮法等。

3) 电解气浮可用于电镀含铬(VI)废水、含氰废水及其它有毒有害污染物的处理。

4) 压力溶气气浮可用于含油废水、印染废水、含藻废水，经化学处理的化工废水等的处理，用于造纸废水的纸浆回收，生物处理活性污泥的分离。

5) 叶轮气浮可用于含较高浓度悬浮物及表面活性物质的工业废水的处理。

6) 浅层气浮可用于较大规模的污水处理，如生物处理活性污泥的分离，也可用于工业废水固相物质的回收。

## 5 总体要求

5.1 气浮池建设规模由处理水量确定，设计水量由工程最大水量确定。

5.2 气浮工艺处理工程根据需要在进水系统前应设格栅、筛网、沉砂池及混凝(破乳)反

应预处理设施。某些特殊水质的工业废水应进行化学沉淀，化学氧化，泡沫分离，预沉淀等预处理；后续工艺有过滤、吸附、膜技术等深度处理方法。

5.3 压力容器气浮应设溶气罐、溶气泵、空压机、释放器等辅助设备。

5.4 电解气浮应设整流设备、直流电源，并考虑电容量需满足最大电功消耗要求。

5.5 叶轮气浮应设吸气管、高速叶轮装置。

5.6 所有气浮均应考虑释气水与原水的接触设施，刮泥、排泥设施，液位调整设施。

5.7 气浮池池深较浅，高程设计应考虑与后续设备的配置。

5.8 气浮浮渣应由刮泥设备收集后进行浓缩脱水处理；当原水含有挥发性有害气体时，应有相应的预处理装置。

## 6 工艺设计

### 6.1 气浮处理主要工艺类型及其适用条件

污水处理常用的气浮工艺类型见表 1，可供气浮工艺选择时参考。

表1 污水处理常见气浮工艺特点及适用条件

型式	特点	适用条件
1. 电解气浮法	对工业废水具有氧化还原、混凝气浮等多种功能，对水质的适应性好，过程容易调整。装置设备化，结构紧凑，占地少，不产生噪音。耗电量较大。	适用于小水量工业废水（ $Q < 10 \sim 15 \text{m}^3/\text{h}$ ）处理，对含盐量大、电导率高、含有毒有害污染物的污水处理具有独特的优点。
2. 叶轮气浮法	结构简单，分离速度快，对高浓度悬浮物分离效果较好。供气量易于调整，对废水的适应性较好。装置设备化，结构紧凑，占地少。对混凝预处理要求较高。	适用于处理水量中等（通常 $Q < 30 \sim 40 \text{m}^3/\text{h}$ ），对较高浓度悬浮物及表面活性物质的工业废水的处理具有较好的优势。
3. 加压溶气气浮法	工艺成熟，工程经验丰富。负荷率高，处理效果好，处理能力大。可以做到全自动连续运行。泥渣含水率低，出水水质好。对不同悬浮物浓度的废水可分别采用全溶气、部分回流溶气等方式，适应性好。工艺稍复杂，管理要求较高。	适用于不同水量，较高浓度悬浮性污染物，油类、微生物、纸浆、纤维的处理。
4. 浅层气浮法	表面负荷高，分离速度快，效率高。污水处理高程易于布置。占地小，池深浅。钢设备可多块组合或架空布置。	适用于大中小各种水量、悬浮类、纤维类、活性污泥类、油类物质的分离。

### 6.2 气浮装置设计的一般规定

6.2.1 气浮池应设溶气水接触室完成溶气水与原水的接触反应。

6.2.2 气浮池应设水位控制室，并有调节阀门（或水位控制器）调节水位，防止出水带泥或浮渣层太厚。

6.2.3 穿孔集水管一般布置在分离室离池底 $20 \sim 40 \text{cm}$ 处，管内流速为 $0.5 \sim 0.7 \text{m/s}$ 。孔眼以向下与垂线成 $45^\circ$ 角交错排列，孔距为 $20 \sim 30 \text{cm}$ ，孔眼直径为 $10 \sim 20 \text{mm}$ 。

6.2.4 排渣周期视浮渣量而定，周期不宜过短，一般为 $0.5 \sim 2 \text{h}$ 。浮渣含水率在 $95\% \sim 97\%$ 左右，渣厚控制在 $10 \text{cm}$ 左右。

6.2.5 浮渣宜采用机械方法刮除。刮渣机的行车速度宜控制在 $5 \text{m/min}$ 以内。刮渣方向应与水流流向相反，使可能下落的浮渣落在接触室。

6.2.6 气浮工艺设计时应考虑水温的影响。

### 6.3 电解气浮工艺设计

#### 6.3.1 电解气浮工艺设计要点

- 1) 电解气浮采用正负相间的多组电极，通以稳定或脉冲电流，通电方式可为串连或并联。
- 2) 电解气浮可用惰性电极或可溶性电极，产生的效应与产物有所不同。
- 3) 电解气浮采用惰性电极如钛板、钛镀钉板、石墨板等电极，产生氢、氧或氯等细微气泡；当采用可溶性铁板、铝板作为电极时，也称为电絮凝气浮，其产物是 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 及氢气泡等，此时产泥量较大。
- 4) 电解气浮装置形式分竖流式及平流式，竖流式主要应用于较小水量的处理。
- 5) 电解气浮池的结构包括整流栅、电极组、分离室、刮渣机、集水孔、水位调节器等。
- 6) 电解气浮主要用于小水量工业废水处理，对含盐量大、电导率高、含有毒有害污染物废水的处理具有优势。
- 7) 铁阳极电絮凝气浮用于含Cr(VI)废水处理时，Cr(VI)浓度不宜大于100mg/L。
- 8) 电解气浮用于含氰废水的处理时宜采用石墨惰性电极。

#### 6.3.2 电解气浮设计参数

- 1) 极板厚度6~10mm（可溶性阳极根据需要可加厚），极板净间距15~20mm；
- 2) 电流密度一般应小于150~200A/m<sup>2</sup>；
- 3) 澄清区高度1~1.2m，分离区停留时间20~30min；
- 4) 渣层厚度10~20cm；
- 5) 单池宽度不应大于3m。

#### 6.3.3 电极作用表面积，按公式（1）计算：

$$S = \frac{EQ}{i} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $S$  —— 电极作用表面积，m<sup>2</sup>  
 $E$  —— 比电流，A·h/m<sup>3</sup>；  
 $Q$  —— 污水设计流量，m<sup>3</sup>/h；  
 $i$  —— 电极电流密度，A/m<sup>2</sup>。

通常， $E$ 、 $i$ 应通过试验确定，也可按表2取值。

表2 不同废水的  $E$ 、 $i$  值

废水种类	$E$ (A·h/m <sup>3</sup> )	$i$ (A/m <sup>2</sup> )
皮革、毛皮废水	300~600	50~100
化工废水	100~400	150~200
肉类加工废水	100~270	100~200
人造革废水	15~20	40~80
印染废水	15~20	100~150
含铬(VI)废水	200~250	50~100
含酚废水	300~500	150~300

#### 6.3.4 电极板块数 $n$ ，按公式（2）计算：

$$n = \frac{B - 2l + 1}{\delta + e} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $B$  —— 电解池的宽度，当处理水量 $Q=50\sim 100\text{m}^3/\text{h}$ ， $B$ 取1.5~2m；  
 $l$  —— 极板面与池壁的净距，取50~100mm；  
 $\delta$  —— 极板厚度，取6~10mm；  
 $e$  —— 极板净距，取15~20mm。



6.3.5 单块极板面积，按公式（3）计算：

$$A = \frac{S}{n-1} \dots\dots\dots(3)$$

式中：

$A$  ——单块极板面积， $m^2$ 。

6.3.6 极板长度，按公式（4）计算：

$$L_1 = \frac{A}{h_1} \dots\dots\dots(4)$$

式中：

$L_1$  ——极板长度， $m$ ；

$h_1$  ——极板高度，取 $0.4\sim 1.5m$ 。

6.3.7 电极室长度，按公式（5）计算：

$$L = L_1 + 2l \dots\dots\dots(5)$$

式中：

$L$  ——电极室长度， $m$ 。

6.3.8 电极室总高度，按公式（6）计算：

$$H = h_1 + h_2 + h_3 \dots\dots\dots(6)$$

式中：

$H$  ——电极室总高度， $m$ ；

$h_1$  ——极板高度，取 $1.0\sim 1.5m$ ；

$h_2$  ——浮渣层高度，取 $0.1\sim 0.2m$ ；

$h_3$  ——保护高度，取 $0.3\sim 0.5m$ 。

6.3.9 电极室容积，按公式（7）计算：

$$V_1 = BHL \dots\dots\dots(7)$$

式中：

$V_1$  ——电极室容积， $m^3$ 。

6.3.10 分离室容积，按公式（8）计算：

$$V_2 = Qt \dots\dots\dots(8)$$

式中：

$V_2$  ——分离室容积， $m^3$ ；

$t$  ——气浮分离时间，取 $0.3\sim 0.75h$ 。

6.3.11 电解气浮池容积，按公式（9）计算：

$$V = V_1 + V_2 \dots\dots\dots(9)$$

式中：

$V$  ——电解气浮池容积， $m^3$ 。

## 6.4 叶轮气浮工艺设计

### 6.4.1 叶轮气浮工艺设计要点

1) 叶轮气浮池的结构包括叶轮、吸气管、分离室、刮渣机等。叶轮气浮中叶轮直径、

转速，及吸气管安装位置是设计的关键。

- 2) 叶轮吸入气量应控制在合理的水平。
- 3) 叶轮与导向叶片的间距设计应当准确。
- 4) 叶轮气浮适用于处理中等水量，对高浓度悬浮物的废水分离效率较高。

#### 6.4.2 叶轮气浮设计参数

- 1) 叶轮直径  $D=200\sim 400\text{mm}$ ，最大不应超过600mm；
- 2) 叶轮转速  $\omega=900\sim 1500\text{r/min}$ ，圆周线速度  $u=10\sim 15\text{m/s}$ ；
- 3) 叶轮与导向叶片的间距应调整在小于7~8mm；
- 4) 气浮池水深一般为  $H=2\sim 2.5\text{m}$ ，不宜超过3m；
- 5) 气浮池应为方形，单边尺寸不大于叶轮直径  $D$  的6倍。

#### 6.4.3 气浮池总容积 $W$ ，按公式 (10) 计算：

$$W = \alpha Q t \dots\dots\dots (10)$$

式中：

- $W$  ——气浮池总容积， $\text{m}^3$ ；  
 $\alpha$  ——系数，一般为1.1~1.2；  
 $Q$  ——处理废水量， $\text{m}^3/\text{min}$ ；  
 $t$  ——气浮分离时间，一般为20~25min。

#### 6.4.4 气浮池总面积 $F$ ，按公式 (11)、(12)、(13) 计算：

$$F = \frac{W}{h} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

- $F$  ——气浮池总面积， $\text{m}^2$ ；  
 $h$  ——气浮池的工作水深，m，可用公式 (12) 计算：

$$h = \frac{H}{\rho} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

- $\rho$  ——气水混合体的密度，一般为0.7kg/L；  
 $H$  ——气浮池中的静水压力，可用公式 (13) 计算：

$$H = \varphi \frac{u^2}{2g} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

- $\varphi$  ——压力系数，其值等于0.2~0.3；  
 $u$  ——叶轮的圆周线速度，m/s。

#### 6.4.5 气浮池数（或叶轮数） $n$ ，按公式 (14) 计算：

$$n = \frac{F}{f} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

- $f$  ——单台气浮池面积， $\text{m}^2$ 。

#### 6.4.6 叶轮气浮池边长 $l$ ，按公式 (15) 计算：

$$l = \sqrt{f} = 6D \dots\dots\dots (15)$$

式中：

- $l$  ——叶轮气浮池边长，m；

$D$  ——叶轮直径, m。

6.4.7 叶轮吸入的气水混合量 $q$ , 按公式(16)计算:

$$q = \frac{Q \times 1000}{60n(1-\beta)} \dots\dots\dots (16)$$

式中:

$q$  ——叶轮吸入的气水混合量, L/s;

$\beta$  ——曝气系数, 根据试验确定, 一般可取0.30;

$n$  ——叶轮数。

6.4.8 叶轮转速 $\omega$ , 按公式(17)计算:

$$\omega = \frac{60u}{\pi D} \dots\dots\dots (17)$$

式中:

$\omega$  ——叶轮转速, r/min。

6.4.9 叶轮所需功率 $N$ , 按公式(18)计算:

$$N = \frac{\rho H q}{102\eta} \dots\dots\dots (18)$$

式中:

$N$  ——叶轮所需功率, kW;

$\eta$  ——叶轮效率, 等于0.2~0.3。

## 6.5 加压溶气气浮工艺设计

### 6.5.1 加压溶气气浮工艺设计要点

1) 加压溶气气浮基本工艺流程主要有全溶气流程、部分溶气流程和回流加压溶气流程等。

2) 回流加压溶气气浮适用于原污水悬浮性污染物浓度高, 水量较大, 有混凝、破乳预处理的污水。全溶气及部分溶气气浮适用于原污水分离悬浮物浓度较低, 且不含纤维类物质的污水。

3) 工艺流程由空气溶解设备(溶气罐、溶气水泵、空压机或射流器等)、溶气释放器和气浮池(接触室、分离室、水位控制室、刮渣机、集水管等)等组成。

4) 接触室、分离室应分别保证气水接触时间或泥水分离时间,

5) 水位控制室应设计安全可靠, 便于调整的水位调节器。

6) 刮渣机设计应考虑行程、速度可调和往复运转的功能。

7) 溶气罐应保证气水接触的水力条件, 工作压力通常为0.4~0.5MPa, 溶气罐的自控设计要保证工况与空压机、溶气水泵的协调。

8) 各释放器应设独立的快开阀及快速拆卸接口。

### 6.5.2 加压溶气气浮设计参数

1) 气浮池的有效水深, 一般取2.0~2.5m, 平流式长宽比一般为2:1~3:1, 竖流式应为1:1。一般单格宽度不宜超过6m, 长度不宜超过15m。

2) 接触区水流上升速度, 下端取20mm/s左右, 上端5~10mm/s, 水力停留时间大于1min; 接触区隔板垂直角度一般为70°。

3) 分离区表面负荷(包括溶气水量)宜为4~6m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h), 水力停留时间一般为10~20min。

4) 回流溶气水的回流比(或溶气水比)应计算确定, 一般为15%~30%。

5) 压力溶气罐应设压力表、水位计、安全阀并设水位、压力控制器自动控制。溶气罐必要时可装填料, 一般采用阶梯环填料, 填料层高度应为罐高的1/2, 并不少于0.8m, 液位控制高为罐高的1/4~1/2(从罐底计); 溶气罐设计工作压力一般为0.4~0.5MPa; 溶气罐水力停留时间应大于2~3min(有填料时取低值), 并应计算确定; 溶气罐一般为立式,

设计高径比应大于2.5~4, 有条件时取高值。在某些情况下满足水力条件时可设计成卧式。

### 6.5.3 主要工艺指标

1) 气浮池所需空气量 $Q_g$

当有试验资料时, 可按公式(19)计算:

$$Q_g = \frac{\gamma Q R a_e \psi}{1000} \dots\dots\dots (19)$$

式中:

$Q_g$  ——气浮池所需空气量, kg/h;

$\gamma$  ——空气容重, g/L, 见表3;

$Q$  ——气浮池处理水量, m<sup>3</sup>/h;

$R$  ——试验条件下回流比或溶气水回流比, %;

$a_e$  ——试验条件下释气量, L/m<sup>3</sup>;

$\psi$  ——水温校正系数, 1.1~1.3。

当无试验资料时, 可按公式(20)计算:

$$Q_g = \frac{\gamma C_s (fP - 1) R Q}{1000} \dots\dots\dots (20)$$

式中:

$C_s$  ——在一定温度下, 一个大气压时的空气溶解度, mL/L·atm, 见表3;

$P$  ——溶气压力, 绝对压力, atm;

$f$  ——加压溶气系统的溶气效率,  $f=0.8\sim0.9$ 。

表3 空气在水中的溶解度

温度(°C)	空气容重 $\gamma$ (g/L)	空气溶解度 $C_s$ (mL/L·atm)
0	1.252	29.2
10	1.206	22.8
20	1.164	18.7
30	1.127	15.7
40	1.092	14.2

2) 气浮某种物质的气固比 $\alpha$

气固比 $\alpha$ 与悬浮颗粒的疏水性有关,  $\alpha$ 约为0.005~0.006, 通常由试验确定。当无资料时, 可按公式(21)计算:

$$\alpha = \frac{Q_g}{Q S_a} = \frac{\gamma C_s (fP - 1) R}{1000 S_a} \dots\dots\dots (21)$$

式中:

$S_a$  ——污水中悬浮物浓度, kg/m<sup>3</sup>。

3) 回流比 $R$ , 可按公式(22)计算:

$$R = \frac{Q_r}{Q} = \frac{1000 \alpha S_a}{\gamma C_s (fP - 1)} \dots\dots\dots (22)$$

式中:

$Q_r$  ——溶气水量, m<sup>3</sup>/h。

4) 所需空压机额定气量 $Q'_g$ , 可按公式(23)计算:

$$Q'_g = \frac{\psi' Q_g}{60 \gamma} \dots\dots\dots (23)$$

式中:

$Q'_g$  ——所需空压机额定气量,  $\text{m}^3/\text{min}$ ;

$\psi'$  ——安全系数, 1.2~1.5。

5) 溶气水量  $Q_r$ , 可按公式 (24) 计算:

$$Q_r = \frac{Q_g}{736fPK_T} \dots\dots\dots (24)$$

式中:

$f$  ——溶气效率, 对装阶梯环填料的溶气罐可取0.9;

$P$  ——选定的溶气压力, atm;

$K_T$  ——溶解度系数, 可根据水温查表4而得。

表4 不同温度下的  $K_T$  值

温 度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	0	10	20	30	40	50
$K_T$ 值	0.038	0.029	0.024	0.021	0.018	0.016

#### 6.5.4 气浮池本体

##### 6.5.4.1 气浮池接触室

1) 接触室表面积  $A_c$ , 可按公式 (25) 计算:

$$A_c = \frac{Q + Q_r}{3600v_c} \dots\dots\dots (25)$$

式中:

$A_c$  ——接触室表面积,  $\text{m}^2$ ;

$v_c$  ——水流平均速度, 通常取10~20mm/s。

2) 接触室长度  $L$ , 可按公式 (26) 计算:

$$L = \frac{A_c}{B_c} \dots\dots\dots (26)$$

式中:

$L$  ——接触室长度, m;

$B_c$  ——接触室宽度, m。

3) 接触室堰上水深  $H_2$ , 可按公式 (27) 计算:

$$H_2 = B_c \dots\dots\dots (27)$$

式中:

$H_2$  ——接触室堰上水深, m。

4) 接触室气水接触时间  $t_c$ , 可按公式 (28) 计算:

$$t_c = \frac{H_1 - H_2}{v_c} \dots\dots\dots (28)$$

式中:

$t_c$  ——接触室气水接触时间, 要求  $t_c > 60\text{s}$ ;

$H_1$  ——气浮池分离室水深, 通常为1.8~2.2m。

## 6.5.4.2 气浮分离室

1) 分离室表面积  $A_s$ ，可按公式 (29) 计算：

$$A_s = \frac{Q + Q_r}{3600v_s} \dots\dots\dots (29)$$

式中：

$A_s$  ——分离室表面积， $m^2$ ；

$v_s$  ——分离室水流向下平均速度，通常为  $1 \sim 1.5 \text{mm/s}$ 。

2) 分离室长度  $L_s$ ，可按公式 (30) 计算：

$$L_s = \frac{A_s}{B_s} \dots\dots\dots (30)$$

式中：

$L_s$  ——分离室长度， $m$ ；

$B_s$  ——分离室宽度， $m$ 。

对矩形池，分离室的长宽比一般取  $2:1 \sim 3:1$ 。

3) 气浮池水深  $H$ ，可按公式 (31) 计算：

$$H = v_s t \dots\dots\dots (31)$$

式中：

$H$  ——气浮池水深， $m$ ；

$t$  ——气浮池分离室停留时间，一般取  $10 \sim 20 \text{min}$ 。

4) 气浮池容积  $W$ ，可按公式 (32) 计算：

$$W = (A_c + A_s)H \dots\dots\dots (32)$$

式中：

$W$  ——气浮池容积， $m^3$ 。

5) 总停留时间  $T$  校核，可按公式 (33) 计算：

$$T = \frac{60 \times W}{Q + Q_r} \dots\dots\dots (33)$$

式中：

$T$  ——总停留时间， $\text{min}$ 。

## 6.5.4.3 水位控制室

水位控制室宽度  $B$  不小于  $900 \text{mm}$ ，以便安装水位调节器，并利于检修。水位控制室可设于分离室一端，其长度等于分离室宽度。水位控制室深度一般与气浮分离室同深。

## 6.5.5 溶气设备

溶气罐应设安全阀，顶部最高点应装排气阀。溶气水泵进入溶气罐的入口管道应设除污过滤器。溶气罐底部应装快速排污阀。

溶气罐应设水位、压力仪表及自控装置。

1) 压力溶气罐直径  $D_d$ ，可按公式 (34) 计算：

$$D_d = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi I}} \dots\dots\dots (34)$$

式中

$D_d$  ——压力溶气罐直径， $m$ ；

$I$  ——单位罐截面积的水力负荷，一般为 $80\sim 150\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，填料罐选用 $100\sim 200\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

2) 溶气罐高度 $Z$ ，可按公式(35)计算：

$$Z = 2Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 \dots\dots\dots (35)$$

式中：

$Z$  ——溶气罐高度，m；

$Z_1$  ——罐顶、底封头高度，m（根据罐直径而定）；

$Z_2$  ——布水区高度，一般取 $0.2\sim 0.3\text{m}$ ；

$Z_3$  ——贮水区高度，一般取 $1.0\text{m}$ ；

$Z_4$  ——填料层高度，当采用阶梯环时，可取 $1.0\sim 1.3\text{m}$ 。

3) 溶气罐体积 $V_d$ 复核，可按公式(36)、(37)计算：

$$V_d = \frac{\pi D_d^2}{4} \times Z \dots\dots\dots (36)$$

$$V_d = Q_r \times t_d \dots\dots\dots (37)$$

式中：

$V_d$  ——溶气罐体积， $\text{m}^3$ ；

$t_d$  ——溶气水在溶气罐内停留时间，min。

当无填料时 $t_d=3\sim 3.5\text{min}$ ；当有填料时 $t_d=2\text{min}$ 。

溶气罐 $D_d$ 、 $Z$ 应同时满足式(34)、(35)、(36)、(37)的要求。

4) 溶气罐高径比 $Z/D_d$

$Z/D_d$ 宜为 $2.5\sim 4$ 。

#### 6.5.6 气浮池集水管、集渣槽

1) 气浮池集水管

采用穿孔管，按分配流量及流速 $0.4\sim 0.5\text{m/s}$ 确定管径。并令孔眼水头损失 $h=0.3\text{m}$ ，按公式(38)计算出孔口流速 $v_0$ 、孔眼尺寸和个数。

$$v_0 = \mu \sqrt{2gh} \dots\dots\dots (38)$$

式中：

$v_0$  ——孔眼流速，m/s；

$\mu$  ——孔眼流速系数。

2) 集渣槽

集渣槽断面设计可按单位时间的排泥量（包括抬高水位所带出的水量）进行选择。一般不小于 $200\text{mm}$ ，当浮渣浓度较高时，集渣槽需有足够的坡度倾向排泥口，一般应大于 $0.03\sim 0.05$ 。当集渣槽长度超过 $5\text{m}$ 时，应由两端向中间排泥。必要时可辅以冲洗水管。

#### 6.5.7 溶气释放器

• 溶气释放器可选择TJ型或TV型。

• 溶气释放器个数 $n$ ，可按公式(39)计算：

$$n = \frac{Q_r}{q} \dots\dots\dots (39)$$

式中：

$q$  ——选定溶气压力下单个释放器的出流量， $m^3/h$ 。

- 溶气水由溶气罐至释放器的管道上应设快开阀。
- 释放器应考虑快速拆卸装置。

#### 6.5.8 刮渣机

对于矩形气浮池应采用桥式刮渣机刮渣，跨度宜在10m以下，集渣槽的位置可在池的一端或两端；

圆形气浮池宜采用行星式刮渣机，其适用范围在直径2~10m，集渣槽位置可在圆池径向的任何部位。

### 6.6 浅层气浮的工艺设计

#### 6.6.1 浅层气浮工艺设计要点

1) 浅层气浮能有效发挥溶气释放的高密度微气泡与进水布水高浓度污染物密切接触作用，并充分利用回转过程中微气泡的延时粘附功能，从而提高气浮分离效率。

2) 工艺设备由空气溶解设备、溶气释放器及气浮池组成。

3) 进水配水管与溶气释放器安装在一个回转装置上，释放的微气泡与污水同步接触。表面负荷高，分离速度快、效率高。

4) 池深较浅，作为末端处理时污水处理工艺的高程易于布置。

5) 浅层气浮适用于大中型污水处理，主要用于活性污泥类物质的分离。可用于工业废水固相物质的回收。

#### 6.6.2 浅层气浮的工艺特点

1) 布水管与释气管同位布置。

2) 表面负荷大，处理效率高。

3) 占地小，池深浅。钢设备可多格组合或架空布置。

#### 6.6.3 浅层气浮的主要设计参数

1) 气浮池有效水深0.5~0.6m，圆形。

2) 接触室上升流速下端取20mm/s，上端取5~10mm/s。水力接触时间1~1.5min。

3) 分离区表面负荷 $3\sim 5m^3/(m^2\cdot h)$ ，水力停留时间12~16min。

4) 布水机构的出水处应设整流器，原水与溶气水的配水量按分离区单位面积布水量均匀的原则设计计算。

5) 布水机构的旋转速度应满足微气泡浮升时间的要求，通常按8~12min选转一周计算。

6) 溶气水回流比应计算确定，一般应大于30%。溶气罐通常可设计成立式(参见6.5.4)。溶气水水力停留时间应计算确定，一般应大于3min。设计工作压力0.4~0.5MPa。

7) 浅层气浮的其它设计方法基本同压力溶气气浮法，可参见6.5。

### 7 主要工艺设备与材料

7.1 溶气泵应选用压力较高的多级泵，其工作压力为0.4~0.6MPa。

7.2 溶气罐为压力溶气设备，其设计方法详见6.5.5，设计工作压力一般为0.6MPa，溶气罐顶部应设安全阀。溶气罐底部应设排污阀，溶气罐进水管应设除污器，溶气罐应具压力容器试验合格证方可使用。

7.3 溶气罐供气采用空压机，其工作压力为0.6~0.7MPa，供气量应满足溶气罐最大溶气量的要求。

7.4 溶气罐的压力与水位均应自动控制，并与溶气水泵联动。

7.5 释放器应满足水流量的要求，其与溶气罐连接管道应安装快开阀，释放管支管应安装快速拆卸管件，以利清洗。



7.6气浮池应设刮渣机，并设可调节行程开关及调速仪表自动控制。

## 8 检测与过程控制

8.1 采用气浮工艺的污水处理厂（站）正常运行检测的项目和周期应符合 CJJ60 的规定，化验检测方法应符合 CJ/T51 的规定。

8.2 操作人员应经培训后持证上岗，并定期进行考核和抽检。操作人员应熟悉本标准规定的技术要求、单元气浮工艺的技术指标及气浮设施设备的运行要求，并按照气浮工艺的操作和维护规程做好值班记录。

8.3 检测人员应经培训后持证上岗，应定期进行考核和抽检。检测人员应定期检测进出水水质，对检测仪器、仪表进行校验。

8.4 气浮装置的溶气罐水位、水压，空压机压力，溶气水泵的启动与停止，溶气水的储水池、水位，刮渣机的行程与运行速度、周期等运行参数均应自动控制。

8.5 气浮工艺主要检测项目：进出水SS、COD、浊度、出水水位等，必要时进行表面活性剂和泥渣含水率的监测，同时应监测溶气罐水位、压力，溶气泵的流量及其它工况，空压机的工作压力、供气量等。

8.6 气浮工艺的水质检测应由污水处理厂（站）化验室统一负责。

## 9 主要辅助工程

9.1 供电系统需保证足够的供电可靠性，并设置相应的继电保护装置。

9.2 设备选型应考虑污水处理工艺的环境条件，应选择抗腐蚀，性能稳定，安全可靠的产品。

9.3 构筑物宜按照二类防雷保护设计。

9.4 控制系统宜采用 IPC 和 PLC 组成的集散型监控系统，一般由中控室和 PLC 控制站组成。

## 10 劳动安全与职业卫生

10.1 生产过程应采取相应的措施，避免水环境、大气、噪声以及固体废弃物的二次污染。

10.2 供电系统应设置相应的保护措施，以降低由于断电、设备故障造成的影响。

10.3 污水处理厂（站）应建立健全的安全生产规章制度，专人专职具体监督防范，以确保正常生产和工人的人身安全。

10.4 气浮池应设置安全栏杆及防滑扶梯，并配备救生衣及救生圈。

10.5 电解气浮应设通风装置。

10.6 含铬（VI）废水及含氰废水处理的泥渣为危险固废，应交由有资质的单位专门处理处置。

10.7 压力溶气罐应按要求定期到国家压力容器管理部门检测试验压力。

10.8 应按有关规定配备消防设施，严格执行建筑防火规范，留有足够的防火距离。

10.9 电力设施的选型与保护按国家有关规定进行，露天电气设备的安全防护按国家现行的有关规定执行。

## 11 施工与验收

11.1 气浮工艺的施工与验收应符合 GB50141、GB50204 和 GB50205 规定。

11.2 根据设计的进水水质、出水水质要求，检验相应的水质指标，如 COD、SS、铬（VI）、铬（III）、铁（III）、氰（CN<sup>-</sup>）、油、表面活性剂等，并应提交相关检测报告。

## 12 运行与维护

### 12.1 一般规定

1) 气浮工艺污水处理厂（站）设施的运行、维护及安全管理应按照CJJ60执行。

- 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, 发现问题及时检查排除。
- 3) 应保持设备各运转部位的润滑状态, 及时添加润滑油、除锈; 发现漏油、渗油情况应及时解决。
- 4) 气浮前处理如为铁盐混凝, 应定时排除沉淀及浮渣, 以免结块。
- 5) 有填料的溶气罐进水管设置的除污器应定时清洗, 损坏时进行更换。溶气罐的填料也需定时排污、清洗。出水阀的开启度应与流量一致, 发现不一致时应加以调整。溶气罐的安全阀应定期校正。
- 6) 应做好设备维修保养记录。

#### 12.2 电解气浮的运行控制

- 1) 电解气浮处理含铬(VI)废水时, 投加一定量食盐可防止阳极钝化, 铁板需定时更换, 原水铬(VI)浓度不宜大于100mg/L, pH值为4~6.5。
- 2) 当原水电导较低时, 可适当投加 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaCl}$ 提高原水导电性, 降低电解电压。

#### 12.3 叶轮气浮的运行控制

- 1) 定时检查叶轮转动转速, 观察吸气管位置, 及时调整水深和吸气量。
- 2) 定时调整叶轮与导向叶片的间距。

#### 12.4 加压溶气气浮的运行控制

- 1) 根据反应池的絮凝情况及气浮池出水水质, 注意调节混凝剂的投加量。特别要防止加药管堵塞。
- 2) 观察气浮池池面情况, 如发现接触区局部冒出大气泡, 应检查释放器堵塞情况。
- 3) 掌握浮渣积累规律, 确定刮渣周期。
- 4) 观察并控制溶气罐合理水位, 保证溶气效果。
- 5) 调整空压机的供气量, 保证溶气罐稳定的工作压力。
- 6) 调整气浮池出水水位控制器, 保证稳定的处理水量。
- 7) 在冬季水温过低时期, 可相应增加回流量或溶气压力, 保证出水水质。
- 8) 做好日常的运行记录, 包括处理水量、投药量、溶气水量、溶气罐压力、水温、耗电量、进出水水质、刮渣周期、泥渣含水率等。

#### 12.5 浅层气浮的运行控制

- 1) 主要调节方式同加压溶气气浮。
- 2) 检查配水管的旋转速度, 检查原水与溶气水的配水均匀性。
- 3) 量筒试验观察微气泡的升流速度与气浮效果, 必要时调整溶气水量。
- 4) 检查浮渣的形成状况及含水率, 调整刮渣机的刮泥厚度与回转速度。
- 5) 气浮池间歇运行时应将浮渣及污泥排清。

附录A  
(规范性附录)  
符 号

A.1 电解气浮工艺设计

- $A$  ——单块极板面积;  
 $B$  ——电解池宽度;  
 $E$  ——比电流;  
 $e$  ——极板净距;  
 $H$  ——电极室总高度;  
 $h_1$  ——极板高度;  
 $h_2$  ——浮渣层高度;  
 $h_3$  ——保护高度;  
 $i$  ——电极电流密度;  
 $L$  ——电极室长度;  
 $L_1$  ——极板长度;  
 $l$  ——极板面与池壁的净距;  
 $n$  ——电极板块数;  
 $Q$  ——气浮池处理水量;  
 $S$  ——电极作用表面积;  
 $t$  ——气浮分离时间;  
 $V$  ——电解气浮池容积;  
 $V_1$  ——电极室容积;  
 $V_2$  ——分离室容积;  
 $\delta$  ——极板厚度;

A.2 叶轮气浮工艺设计

- $D$  ——叶轮直径;  
 $F$  ——气浮池总面积;  
 $f$  ——单台气浮池面积;  
 $H$  ——气浮池静水压力;  
 $h$  ——气浮池工作水深;  
 $l$  ——气浮池边长;  
 $N$  ——叶轮所需功率;  
 $n$  ——气浮池数 (或叶轮数);  
 $Q$  ——气浮池处理水量;  
 $q$  ——叶轮吸入的水气混合量;  
 $t$  ——气浮分离时间;  
 $u$  ——叶轮圆周线速度;  
 $W$  ——气浮池总容积;  
 $\beta$  ——曝气系数;  
 $\varphi$  ——压力系数;  
 $\eta$  ——叶轮效率;  
 $\rho$  ——气水混合体密度;  
 $\omega$  ——叶轮转速;

A.3 加压溶气气浮工艺设计

- $A_c$  ——接触室表面积;  
 $A_s$  ——分离室表面积;

- $a_e$  —— 试验条件下释气量；  
 $B_c$  —— 接触室宽度；  
 $B_s$  —— 分离室宽度；  
 $C_s$  —— 空气溶解度；  
 $D_d$  —— 压力溶气罐直径；  
 $f$  —— 溶气效率；  
 $H$  —— 气浮池水深；  
 $H_1$  —— 气浮池分离室水深；  
 $H_2$  —— 接触室堰上水深；  
 $h$  —— 孔眼水头损失；  
 $I$  —— 单位罐截面积的水力负荷；  
 $K_T$  —— 溶解度系数；  
 $L$  —— 接触室长度；  
 $L_s$  —— 分离室长度；  
 $n$  —— 溶气释放器个数；  
 $P$  —— 溶气压力；  
 $Q$  —— 气浮池处理水量；  
 $Q_g$  —— 气浮池所需空气量；  
 $Q'_g$  —— 所需空压机额定气量；  
 $Q_r$  —— 溶气水量；  
 $q$  —— 选定溶气压力下单个释放器的出流量。  
 $R$  —— 回流比；  
 $S_a$  —— 污水中悬浮物浓度；  
 $T$  —— 总停留时间；  
 $t$  —— 气浮池分离室停留时间；  
 $t_c$  —— 接触室气水接触时间；  
 $t_d$  —— 溶气水在溶气罐内停留时间；  
 $V_d$  —— 溶气罐体积；  
 $v_c$  —— 水流平均速度；  
 $v_0$  —— 孔眼流速；  
 $v_s$  —— 分离室水流向下平均速度；  
 $W$  —— 气浮池总容积；  
 $Z$  —— 溶气罐高度；  
 $Z_1$  —— 罐顶、底封头高度；  
 $Z_2$  —— 布水区高度；  
 $Z_3$  —— 贮水区高度；  
 $Z_4$  —— 填料层高度；  
 $\alpha$  —— 气固比；  
 $\gamma$  —— 空气容重；  
 $\mu$  —— 孔眼流速系数；  
 $\psi$  —— 水温校正系数；  
 $\psi'$  —— 安全系数；

