



CECS XXX-2022

中国工程建设标准化协会标准

水处理气浮技术指南

Technical guidelines for flotation process

in water and wastewater treatment

(征求意见稿)

中国计划出版社

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字 [2020] 14 号）的要求，编制组经大量调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本指南。

本指南的主要内容包括：总则、术语、气浮类型、气浮池设计、施工与验收、运行维护。

本指南的某些内容涉及专利。涉及专利的具体技术内容，使用者可直接与本指南主编单位协商处理，本指南的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本指南由中国工程建设标准化协会城市给水排水专业委员会归口管理，由中国市政工程中南设计研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送解释单位（地址：武汉市解放公园路 8 号，邮政编码：430010）。

主编单位：中国市政工程中南设计研究总院有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

第一章 总则	1
第一节 编制目的	1
第二节 适用范围	2
第二章 气浮类型	3
第一节 溶气气浮法	3
第二节 电解气浮法	8
第三节 散气气浮法	9
第三章 气浮工艺设计	11
第一节 加压溶气气浮	11
第二节 浅层气浮	24
第三节 臭氧气浮法	26
第四节 电解气浮法	28
第五节 叶轮气浮法	31
第四章 施工与验收	34
第一节 施工准备	34
第二节 施工管理	34
第三节 验收	36
第五章 运行维护	38
第一节 运行	38
第二节 维护	41

参考资料	43
附录 A 应用案例	44
案例一 珠海第四制水分公司乾务水厂	44
案例二 珠海市唐家水厂 12 万 m ³ /d 改造工程	49
案例三 无锡市钱惠污水处理有限公司提标改造项目	51
案例四 绍兴水处理发展有限公司污水处理提标改造项目	59
案例五 厦门市筭筭污水处理厂三期工程	64
案例六 利济南乳业有限责任公司乳制品废水处理项目	69
案例七 福鼎市自来水有限公司小白鹭供水站供水项目	72
案例八 台州城市水务压滤滤液处理项目	75

Contents

Chapter 1 General provisions	(1)
Section 1 Purpose.....	(1)
Section 2 Range	(2)
Chapter 2 flotation types.....	(3)
Section 1 Dissolved-air flotation	(3)
Section 2 Electrolytic flotation	(8)
Section 3 Fall off flotation	(9)
Chapter 3 Design for flotation	(11)
Section 1 Pressurized dissolved-air flotation.....	(11)
Section 2 Shallow flotation.....	(24)
Section 3 Ozone flotation	(26)
Section 4 Electrolytic flotation	(28)
Section 5 Impeller flotation	(31)
Chapter 4 Construction and acceptance.....	(34)
Section 1 Construction preparation	(34)
Section 2 Construction management	(34)
Section 3 Acceptance	(36)
Chapter 5 Operation maintenance	(38)
Section 1 Operation	(38)
Section 2 Maintenance.....	(41)
Reference	(43)

第一章 总则

第一节 编制目的

气浮是一种固液分离技术，主要用于去除密度与水相近、难于自然沉降及自然上浮的悬浮物、油类和脂肪，具有分离效率高、设备简单等优点，在给水和污水和工业废水的处理等方面均有应用。

目前，国内有关气浮处理设备和技术规范虽然对给水气浮设计或污水气浮设施进行了相关规定和要求，但没有对给水、市政污水及工业废水的设计、验收和运维多方向全过程的标准要求，而且近年来也出现了一些新型的气浮设备并应用于生产，也没有对新设备进行统一的规范。

为促进水处理气浮技术持续发展，推动新技术应用，在调研现状气浮处理技术的基础上，结合气浮处理技术的进步和发展变化情况，提出气浮处理技术的主要工艺技术以及设计参数和运维的要求，使气浮处理技术符合国家方针、政策、法律法规，统一工程建设标准，提高工程设计和运行管理水平，做到安全可靠、技术先进、经济合理、管理方便，制定本指南。

第二节 适用范围

本指南提供了水处理气浮设施设计参数,以及建设运营等方面的建议,并给出了相关信息。此外,本指南能够帮助使用者起草涉及相关主题的标准或技术文件。

水处理气浮技术可用于给水、农村饮用水、市政污水、工业废水处理以及污泥浓缩、污泥脱水的压滤尾水处理,还可用于海水淡化预处理与河道治理。

在给水处理中,以低温低浊水、含藻水为水源的水厂采用传统沉淀工艺难以奏效时,可采用气浮工艺。农村饮用水处理规模小、药剂投加管理困难,可采用电解絮凝气浮工艺,实现不加药处理。市政污水处理中,对于含有活性污泥絮体或脱落的生物膜等不易沉淀的污水,采用气浮池取代二沉池进行泥水分离;出水中对磷的指标要求较高时,也可采用气浮工艺深度除磷。工业废水处理中,气浮法可用于石油、化工及机械制造业中含油废水的油水分离等。

此外,还可采用气浮法对污水处理中的剩余污泥进行浓缩,降低污泥的含水率。采用气浮法对污泥脱水的压滤尾水进行处理,可有效净化尾水水质,实现达标排放。

第二章 气浮类型

根据气泡的产生方式，气浮法可分为溶气气浮、电解气浮、散气气浮等。

第一节 溶气气浮法

按气泡析出时所处压力的不同，溶气气浮法可分为加压溶气气浮法和溶气真空气浮法两种形式。浅层气浮是加压溶气气浮法中的布水与释气同步进行的一种形式。

一、加压溶气气浮法

加压溶气法是目前应用最为广泛的一种气浮方法，空气在加压条件下溶于水，再使压力降至常压，把溶解的过饱和空气以微气泡的形式释放出来。

加压溶气气浮法由加压溶气设备、空气释放设备和气浮池等组成，见图 2-2。

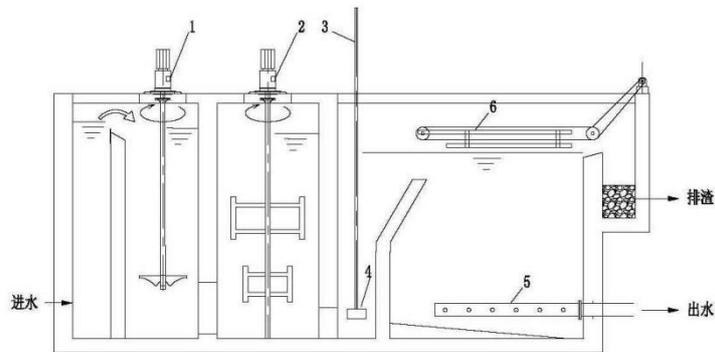


图 2-2 加压溶气气浮处理系统示意图

1-混凝剂搅拌器 2-絮凝剂搅拌器 3-溶气水 4-释放器 5-清水收集管 6-排渣机

1. 主要特点

加压溶气气浮法能提供足够多的微气泡，经减压后产生的气泡粒径小 ($20\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$)、粒径均匀，设备和流程简单，管理较方便，应用较广。

2. 具体类型

加压溶气气浮法的基本工艺流程有全流程溶气气浮法、部分溶气气浮法、部分回流溶气气浮法。

1) 全溶气气浮法

全溶气气浮法是将全部待处理水进行加压溶气，再通过减压释放装置进入气浮池实行固液分离。

全溶气气浮法的特点：溶气量大、气浮池容积小；设备运行能耗较高。

2) 部分溶气气浮法

部分溶气气浮法是将部分待处理水进行加压溶气，其余待处理水直接进入气浮池。

部分溶气气浮法的特点：较全溶气气浮法的能耗低，溶气罐容积小、但所需压力大。

3) 部分回流溶气气浮法

部分回流溶气气浮法是将部分出水回流加压溶气，减压后与直接进入气浮池的待处理水混合进行气浮。回流量为待处理水量的 5%~100%，给水处理用回流比可采用 5%~10%，污水处理用气浮池回流比根据不同水质和处理目标而选取。

部分回流溶气气浮法特点为：加压的水量少，动力消耗较低；气浮池的容积较前两种方法大。

3. 应用概况

加压溶气气浮法是目前应用最为广泛的一种气浮方法，可用于低温低浊水、低浊水、含藻水等采用沉淀工艺处理效果较差的给水处理，以及市政污水、含油废水、印染废水、化工废水、污泥脱水压滤尾水等污废水处理，还可用于造纸废水的纸浆回收、生物处理活性污泥或老化脱落生物膜的分离及海水淡化预处理。

4. 适用条件

加压溶气气浮法适用于不同水量，较高浓度悬浮性污染物，油类、微生物、纸浆、纤维的处理。

加压溶气气浮法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。

二、浅层气浮法

1. 主要特点

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黏附功能，从而提高气浮分离效率。

工艺设备由空气溶解设备、溶气释放器及气浮池组成，见图 2-3。进水布水管与溶气释放器安装在同一个回转装置上，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。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。

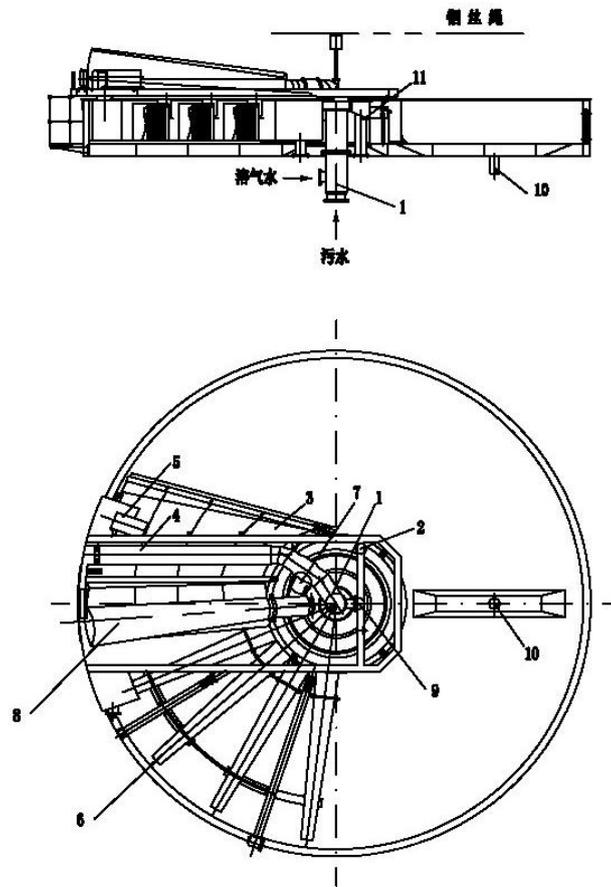


图 2-3 浅层气浮处理设备示意图

1-混合管 2-回流管 3-布水斗 4-布水管 5-驱动变减速机 6-清水提水管 7-清水管
8-撇渣勺 9-浮渣管 10-排空管 11-污泥斗

2. 应用概况

可用于市政污水处理中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。

3. 适用条件

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。

二、 臭氧气浮法

1.主要特点

臭氧-气浮联用工艺是把臭氧的氧化作用和气浮结合在一起，将氧化、混凝、固液分离等过程在同一个单元内完成。臭氧-气浮联用工艺是将臭氧作为溶气水的气源，同时在气浮池内实现臭氧氧化的化学作用和气浮的物理作用。经过臭氧的氧化作用后，难以被微生物降解的大分子有机物被分解为小分子有机物，使水中的有机物可生物降解性提高。臭氧作为溶气水的气源参与反应，打破了传统的臭氧应用中需通过臭氧与被反应介质充分混合反应来实施的局限性。臭氧-气浮联用系统中臭氧浓度较低，但由于臭氧的强氧化性，臭氧能充分发挥其在脱色、除臭、消毒和分解有机物等方面的优势。

2.主要设备

如图所示为臭氧气浮流程图。臭氧气浮池主要由混合池、絮凝池、浮选槽、空气/臭氧溶解罐、微气泡扩散器、出水管道、浮渣刮板、化工储罐、臭氧生成系统、臭氧密封系统等组成。

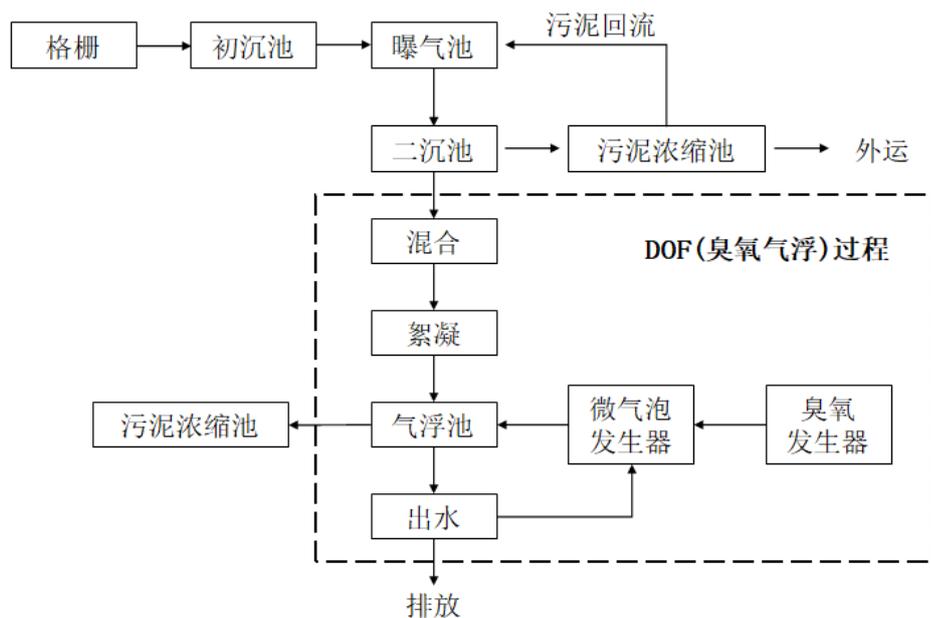


图 2-5 臭氧气浮工艺流程图

第二节 电解气浮法

1. 主要特点

电解气浮法进行电解时，在阴极产生大量的氢气泡，氢气泡的直径 $20\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ ，可以起气浮微气泡的作用；在阳极上电离形成的氢氧化物起着混凝剂的作用。电解气浮法除用于固液分离外，还有降低 BOD、氧化、脱色和杀菌作用，对进水负荷变化适应性强，生成污泥量少，过程容易调整。装置设备化、结构紧凑、占地少、不产生噪声，但耗电量较大。

2. 具体类型

电解电浮装置分为竖流式和平流式两种。

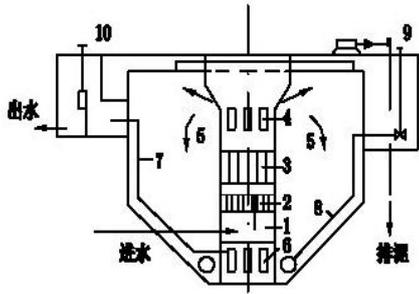


图 2-7 竖流式电解气浮池

1-入流室 2-整流栅 3-电极组 4-出流孔 5-分离室 6-集水孔 7-出水管 8-排泥管 9-刮渣机 10-出口水位调节器

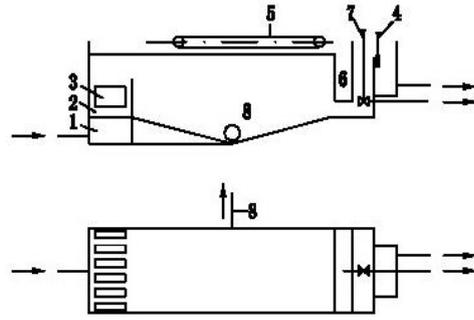


图 2-8 双室平流式电解气浮池

1-入流室 2-整流栅 3-电极组 4-出口水位调节器 5-刮渣机 6-浮渣室 7-排渣阀 8-污泥排放口

3.应用概况

电解气浮法具有设备简单、管理方便、运行条件易于控制、装置紧凑、效果良好，因而发展很快。

4.适用条件

适用于小水量工业废水 ($Q < 10\text{m}^3/\text{h} \sim 15\text{m}^3/\text{h}$) 的处理以及农村饮用水的处理，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。

第三节 散气气浮法

散气气浮法目前主要应用的叶轮气浮形式。

一、 叶轮气浮

在气浮池底部置有叶轮叶片，在电机的驱动下高速旋转，在盖板下形成

负压吸入空气，废水由盖板上的小孔进入，在叶轮的搅动下，空气被粉碎成细小的气泡，并与水充分混合成水气混合物经整流板稳流后，在池体内平稳地垂直上升，进行气浮，在水面上形成的浮渣不断地被缓慢转动的刮板刮出槽外。

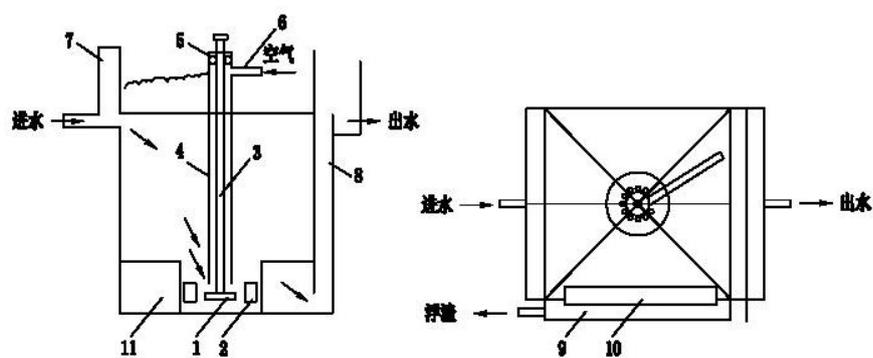


图 2-10 叶轮气浮处理系统示意图

1-叶轮 2-盖板 3-转轴 4-轴套 5-轴承 6-进气管 7-进水槽 8-出水槽 9-泡沫槽 10-刮沫板 11-整流板

1. 主要特点

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。

2. 应用概况

常用于矿物浮选、也用于含油脂、羊毛及大量表面活性剂等废水的初级处理。除油效果一般可达 80% 左右。

3. 适用条件

适用于处理水量中等（通常 $Q < 30\text{m}^3/\text{h} \sim 40\text{m}^3/\text{h}$ ），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。

第三章 气浮工艺设计

第一节 加压溶气气浮

一、设计要点及参数

1. 给水处理

当原水浊度较高时，会影响气浮工艺处理效果，导致出水浊度增高。目前各地自来水公司对出厂水内控指标较高，许多要求出水浊度不超过 0.5NTU。为更严格的出水要求，将目前室外给水设计标准的气浮工艺适用范围浊度小于 100 NTU 的要求，在本指南中修订为气浮法宜用于浊度小于 80 NTU 及含有藻类等密度小的悬浮物质的原水。

(1) 矩形气浮池几何尺寸

矩形气浮池的单格宽度不宜大于 10m，池长不宜大于 15m；平流式长宽比一般为 2:1~3:1，竖流式应为 1:1；有效水深可采用 2.0m~3.0m。高速气浮池的浮选区长度不宜大于 6m，宽度不宜大于 15m，有效水深可采用 3m~4m。

(2) 接触区

接触区的上升流速，可采用 10mm/s~20 mm/s，水力停留时间大于 1min，接触区隔板垂直角度一般为 70°。高速气浮池的接触区上升流速可达 50mm/s~60mm/s。关于高速气浮池设计参数已在如下案例应用：

1) 澳门大水塘水厂 (MSR) II 期，III 期的总处理量为 12 万 m³/d，进水浊度为 20NTU，分别采用 2 座 48m² 的高速气浮池，单池处理量为 1250m³/h；池宽为 8m，接触区底部宽度 0.56m，上升流速为 77.5mm/s；顶部宽度为 1.05m，上升流速为 41mm/s。

2) 贵州清镇东郊水厂总处理量 10 万 m^3/d , 采用 2 座 87m^2 高速气浮池, 单池处理量为 $2200\text{m}^3/\text{h}$, 池宽 14.5m , 接触区底部宽度 0.7m , 上升流速为 $60\text{mm}/\text{s}$; 顶部宽度为 1.2m , 上升流速为 $35\text{mm}/\text{s}$ 。

3) 此外, 请见案例一 珠海第四制水分公司乾务水厂

(3) 分离室

分离室的向下流速可采用 $1.5\text{mm}/\text{s}\sim 2.0\text{mm}/\text{s}$, 分离室液面负荷一般为 $5.4\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})\sim 7.2\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 水力停留时间一般为 $10\text{min}\sim 20\text{min}$ 。高速气浮池的分离室液面负荷可达 $20\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})\sim 30\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

关于高速气浮池设计参数已在如下案例应用:

1) 澳门大水塘 (MSR) II 期、III 期项目总处理量为 12 万 m^3/d , 分别采用 2 座 48m^2 的高速气浮池, 单池处理量 $1250\text{m}^3/\text{h}$, 分离室液面负荷 $26\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ 。

2) 贵州清镇东郊水厂总处理量 10 万 m^3/d , 采用 2 座 87m^2 高速气浮池, 单池处理量为 $2200\text{m}^3/\text{h}$, 分离室负荷 $25\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

3) 此外, 请见案例一 珠海第四制水分公司乾务水厂

(4) 溶气罐

溶气罐的压力及回流比, 应根据原水气浮试验情况或参照相似条件下的运行经验确定, 溶气压力可采用 $0.3\text{MPa}\sim 0.5\text{MPa}$; 回流比可采用 $5\%\sim 10\%$ 。压力溶气罐容积需根据增压水量确定, 可采用立式或卧式布置。立式压力溶气罐的总高度可采用 $3.0\sim 4.5\text{m}$, 罐内可根据需要安装填料, 其高度宜为 $1.0\text{m}\sim 1.5\text{m}$, 罐的截面水力负荷可采用 $100\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})\sim 150\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

值得一提的是现行室外给水标准中规定溶气压力为 $0.2\text{MPa}\sim 0.4\text{MPa}$, 将溶气压力调整 $0.3\text{MPa}\sim 0.5\text{MPa}$ 是考虑到部分水厂 (如珠海唐家水厂 (12

万 m^3/d)、韶关演山水厂 (6 万 m^3/d) 等) 在实际运行中出现溶气压力低于 0.3 MPa 时, 溶气效果变差, 影响气浮效果; 而溶气压力高于 0.5MPa 时, 溶气效果提高不明显等问题。溶气压力过高时, 需要回流泵扬程较高, 导致能耗增加。并且当溶气接近饱和时, 再增高溶气压力, 已无法提高溶气效果, 从而确定不高于 0.5MPa。

(5) 溶气释放器

溶气释放器的型号及数量应根据单个释放器在选定压力下的出流量及作用范围确定。目前市场上出现一批效能稳定、容易清洁新型溶气释放器。

(6) 集水

为使气浮池均匀出水, 减少扰动, 保障出水水质, 气浮池宜采用穿孔管或穿孔板集水, 穿孔管孔口流速不宜大于 0.5m/s。

(7) 排渣

气浮池可采用刮渣机或水力排渣。刮渣机的行车速度不宜大于 5m/min, 一般采用 (2~4) m/min。

(8) 环境要求

由于气浮池通常设在室外, 当降雨量较大时, 雨滴落在气浮池表面, 极易将气浮池表面的浮渣滴溅至气浮池出水区, 造成出水水质变差, 进而难以满足出水要求。因此, 应采用在气浮池上方设置雨棚, 防止雨滴滴溅浮渣。

2. 市政污水及工业废水处理

由于污水水质相差较大, 建议设计前进行现场试验, 按照试验结果确定设计参数。无法进行试验时, 可参考上述参数; 给水处理中关于池型、构造等设计要点与参数, 也可以作为参考。

根据需要在气浮池前设置格栅、筛网、沉砂池及混合絮凝等预处理设施。某些特殊水质的工业废水应在气浮池前进行化学沉淀、化学氧化、泡沫分离、预沉淀等处理；

用于市政污水深度处理的气浮池进水 TSS 宜小于 35 mg/L，进水总磷不大于 5mg/L，含油量不大于 100mg/L。

(1) 接触区

接触区的上升流速，下端取 20mm/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°。高速气浮池的接触区上升流速可达 50mm/s~60mm/s。

关于高速气浮池设计参数已在如下案例应用：

1) 青岛李村河污水厂处理水量为 20 万 m³/d，采用 4 座 90m²的高速气浮池，单池峰值流量 2708m³/h，池宽 15m，接触区底部 0.8m，上升流速为 63mm/s，接触区顶部为 1.335m，上升流速为 38mm/s。

2) 大连马栏河项目处理水量 12 万 m³/d，采用 4 座 66m²的高速气浮池，单池峰值流量为 1700m³/h，池宽 11m，接触区底部为 0.8m，上升流速为 54mm/s；接触区顶部为 1.335m，上升流速为 32mm/s。

3) 请见案例五 厦门市筭筭污水处理厂三期工程

(2) 分离室

分离室的向下流速可采用 1.5 mm/s~2.0 mm/s，分离室液面负荷为 5.4 m³/(m²·h)~15 m³/(m²·h)，水力停留时间一般为 10~20min。高速气浮池的分离室液面负荷可达 20m³/(m²·h)~30m³/(m²·h)。

以上设计参数已在如下案例应用：

1) 青岛李村河污水厂处理水量为 20 万 m^3/d ，采用 4 座 90m^2 的高速气浮池，单池峰值流量 $2708\text{m}^3/\text{h}$ ，分离室液面负荷峰值为 $30 \text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

2) 大连马栏河项目处理水量 12 万 m^3/d ，采用 4 座 66m^2 的高速气浮池，单池峰值流量为 $1700\text{m}^3/\text{h}$ ，分离区负荷峰值为 $26 \text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

3) 郑州市马头岗污水处理厂一期一级 A 升级改造工程中气浮除磷系统，处理水量为 40.00 万 m^3/D ，分离室液面负荷为 $26 \text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ；

4) 后宅污水处理厂除磷净化提标项目中气浮除磷系统，处理水量为 5.00 万 m^3/D ，分离室液面负荷为 $33 \text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

5) 请见案例五 厦门市筓筓污水处理厂三期工程

(3) 压力溶气罐

压力溶气罐的截面水力负荷可采用 $100 \text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})\sim 150\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，罐内需装填料时，其高度应为罐高的 $1/2$ ，并不少于 0.8m 液位控制高为罐高的 $1/4\sim 1/2$ （从罐底计）；溶气罐设计工作压力一般为 $(0.3\sim 0.5)\text{MPa}$ ；溶气罐一般为立式，设计高径比应大于 $2.5\sim 4$ ，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。溶气压力可采用 $0.3 \text{MPa}\sim 0.5\text{MPa}$ ；用于污水三级处理的回流比一般在 $8\sim 10\%$ ；用于生物滤池反洗废水处理的回流比一般在 $10\sim 15\%$ ，用于除油或污泥浓缩时回流比宜采取 $30\%\sim 80\%$ 。

以上设计参数已在如下案例应用：

1) 四川石化污水处理厂采用 4 座圆形气浮池用于二级除油，单池处理量为 $625\text{m}^3/\text{h}$ ，池体直径为 15m ，表面负荷 $3.5\text{m}^3/\text{h}$ ，回流比为 39% ，进水油含量 $100\text{mg}/\text{L}$ ，出水 $10\text{mg}/\text{L}$ 。

2) 大连恒力污水处理厂采用 2 座 18m 直径的圆形气浮池用于除油，单池处理量为 $780\text{m}^3/\text{h}$ ，表面负荷 $3.1\text{m}^3/\text{h}$ ，回流比 39% 。

3) 厦门筓筓污水处理厂采用 2 座直径 20m 的圆形气浮池用于污泥浓缩, 单池处理能力 1000m³/h, 表面负荷 4.1m³/h, 回流比 30%, 进泥浓度 500mg/L, 浓缩后污泥浓度 30-40g/L。

(4) 排渣

气浮池可采用刮渣机排渣。刮渣机的行车速度一般采用(2~4)m/min; 不宜大于 5m/min。排渣周期视浮渣量而定, 周期不宜过短, 一般为 4h~8h, 浮渣厚控制在 100mm 左右。浮渣收集后应进行处理; 当原水含有挥发性有害气体时, 应有相应的预处理装置。

(5) 圆形气浮池

用于除油或污泥浓缩时一般采用圆形气浮池, 表面水力负荷宜采用 2 m³/(m²·h)~5 m³/(m²·h)。单池直径不宜大于 20m, 有效水深可采用 2.0m~4.0m。

二、 计算公式

1 加压溶气水量, 可按下式计算:

$$Q_p = R'Q \quad (3-1-1)$$

式中: Q_p —加压溶气水量 (m³/h);

Q —气浮池设计产水量 (m³/h);

R' —选定溶气压力下的回流比 (%)。

2 气浮池所需空气量, 可按下式计算:

$$Q_g = Q_p \alpha \quad (3-1-2)$$

$$\alpha = C_s(fP-1) \quad (3-1-3)$$

式中: Q_g —气浮池所需空气量 (L/h);

α —选定溶气压力下的释气量 (L/m³), 一般由现场试验结果确

定；当无试验资料时，可按公式（3-1-3）计算；

ϕ —水温校正系数，取 1.1~1.3（生产中最低水温与试验时水温相差大者取高值）；

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 5.1.2；

P —溶气压力，绝对压力（atm）；

f —加压溶气系统的溶气效率， $f=0.8\sim 0.9$ 。

表 3-1 空气在水中的溶解度

温度（°C）	空气容重 γ （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

3 空压机额定气量，可按下式计算：

$$Q'_g = \frac{Q_g}{60 \times 1000} \psi \quad (3-1-4)$$

式中： Q'_g —空压机额定气量（m³/min）；

ψ —安全与空压机效率系数，一般取 1.2~1.5。

4 接触区平面面积，可按下式计算：

$$A_c = \frac{Q + Q_p}{3600 \vartheta_0} \quad (3-1-5)$$

式中： A_c —接触区平面面积（m²）；

ϑ_0 —接触区水流上升平均流速（m/s）。

5 分离室平面面积，可按下式计算：

$$A_s = \frac{Q + Q_p}{3600 \vartheta_s} \quad (3-1-6)$$

式中： A_s —分离室平面面积（ m^2 ）；

v_s —分离室水流下向平均流速（ m/s ）。

6 气浮池水深，可按下式计算：

$$H = v_s t \quad (3-1-7)$$

式中： H —气浮池水深（ m ）；

t —分离室中水力停留时间（ s ）。

7 压力溶气罐直径，可按下式计算：

$$D = \sqrt{\frac{4Q_p}{\pi I}} \quad (3-1-8)$$

式中： D —压力溶气罐直径（ m ）；

I —单位罐截面积的水力负荷，对填料罐一般选用 $100-150m^3/(m^2 \cdot h)$ 。

8 压力溶气罐高度，可按下式计算：

$$Z = 2Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 \quad (3-1-9)$$

式中： Z —压力溶气罐高度（ m ）；

Z_1 —罐顶、底的封头高度（ m ）；

Z_2 —布水区高度（ m ），一般取 $0.2m \sim 0.3m$ ；

Z_3 —贮水区高度（ m ），一般取 $1.2m \sim 1.4m$ ；

Z_4 —填料层高度（ m ），当采用阶梯环时，可取 $0.2m \sim 0.3m$ 。

9 溶气释放器个数，可按下式计算：

$$n = \frac{Q_p}{q} \quad (3-1-10)$$

式中： n —溶气释放器个数（个）；

q —选定溶气压力下，单个释放器的出流量（ m^3/h ）。

三、主要设备仪表

1 溶气气浮法的主要设备包括溶气释放器、溶气罐、刮渣机。

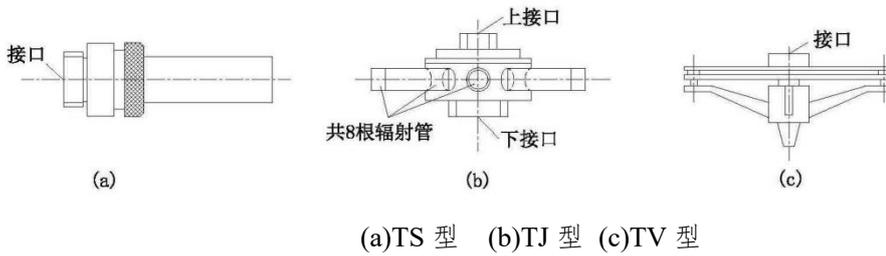


图 3-1 溶气释放器

2 溶气释放器的设计宜符合下列规定：

- 1) 溶气释放器可选用 TS 型、TJ 型及 TV 型等，亦可选择满足溶气水量要求的其他类型释放器；
- 2) 溶气释放器的型号及个数，应根据单个释放器在选定压力下的出流量及作用范围确定；
- 3) 溶气释放器在工作压力 $0.3\text{MPa}\sim 0.5\text{MPa}$ 范围内释放的气泡应细密、均匀，气泡消失时间应大于 4min ；
- 4) 释放器释放的微气泡直径一般控制在 $30\mu\text{m}\sim 80\mu\text{m}$ ，可通过溶气压力调节。

3 溶气罐的设计宜符合下列规定：

- 1) 溶气罐应设安全阀，顶部最高点应装排气阀；
- 2) 根据不同水质，溶气罐的进水管道上可设除污过滤器。
- 3) 溶气罐底部应装快速排污阀；
- 4) 溶气罐应设水位、压力仪表及自控装置。

4 刮渣机的设计宜符合下列规定：

- 1) 对于矩形气浮池应采用桥式或链条式刮渣机刮渣，单台刮渣机跨度

宜在 10m 以下，集渣槽的位置可设置在池的一端或两端；

2) 圆形气浮池宜采用中心驱动或周边驱动刮渣机，其适用范围在直径 2m~20m，集渣槽位置可在圆池径向的任何部位，必要时需要设置多个集渣槽。用于污泥浓缩或除油处理时刮渣机需要同时设置底部刮泥和表面除渣功能。

四、气浮池布置形式

气浮池的布置形式较多，根据原水水质特点及与前、后构筑物衔接等条件，已建成了多种形式的气浮池，其中不仅有平流与竖流式的布置、方形与圆形的布置，同时还出现了气浮与絮凝、气浮与沉淀、气浮与过滤相结合的形式。

1. 平流式气浮池的特点：

平流式气浮池是目前采用较多的一种形式。其特点是池深浅(有效水深约 3m 左右)，造价低，管理方便。但与后续滤池在高度上不易匹配。

2. 竖流式气浮池的特点：

1)池型高度较大，水流基本上是纵向的。接触区在池的中心部位，水流向四周扩散，水流条件比平流式的单侧出流要好，在高程上也容易与后续滤池相配合。

2)池型的分离区水深大，分离区停留时间长，浪费部分水池容积。

3. 与沉淀相结合的气浮池

与沉淀相结合的气浮池适用于待处理水存在浊度较低、水中悬浮杂质较轻，沉淀处理效果较差情况，且存在浊度较高、水中悬浮物杂质较重，气浮处理效果较差情况。采用沉淀处理效果较差时，选择切换运行气

浮；气浮效果差时，选择切换运行沉淀。充分发挥沉淀与气浮两种处理方法各自特长，提高综合净水效果。

采用沉淀与气浮相结合的浮沉池工艺以适应原水水质的变化，在斜管(板)沉淀池的基础上，安装气浮设备，兼有气浮池和沉淀池作用，在冬季低温低浊水时或藻类大量繁殖季节，以气浮方式运行；当原水浊度较高时按沉淀池运行。

1) 新型气浮-沉淀池（侧向流斜板浮沉池）

在气浮池分离区加入侧向流斜板装置即气浮与沉淀固液分离装置，底部设有阻流墙，水流在分离区内主要沿水平方向流动，关闭气浮溶气系统、停止向接触区注入溶气水，则按侧向流斜板沉淀运行，构成侧向流斜板沉淀池。启动气浮溶气系统，向气浮池接触区注入溶气水，则构成气浮池。

浮沉池可以切换运行气浮或沉淀工艺，当原水藻类含量较高、浊度较低，或者浊度较低，或者低温低浊时，絮凝形成的絮凝体松散，难于沉淀，运行沉淀工艺处理效果较差时，选择运行气浮工艺。当原水浊度较高，气浮工艺处理困难时，运行侧向流斜板沉淀。

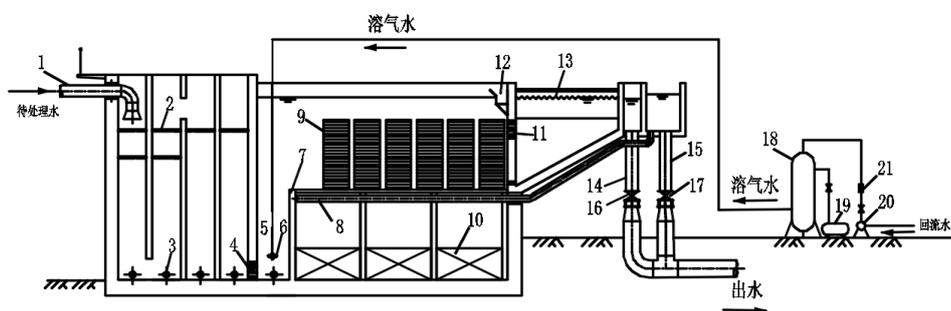


图 3-2 侧向流斜板浮沉池

1-进水总管 2-网格 3-穿孔排泥管 4-进水配水花墙 5-气浮接触区 6-溶气释放器 7-阻流墙 8-气浮集水管 9-气浮与沉淀填料装置 10-集泥区 11-沉淀出水配水花墙 12-气浮排渣槽及排渣管 13-沉淀三角堰集水槽 14-沉淀出水管 15-气浮出水管 16-沉淀出水阀 17-气浮出水阀 18-溶气罐 19-空压机 20-回流泵 21-流量计

2) 上层或下层进水的斜板浮沉池

在气浮池分离区加入上向流斜板，将接触区挡板升高至池顶，在接触区挡板底部开孔，作为沉淀进水口，孔口的上边缘略低于斜板底部；在接触区挡板顶部开孔，作为气浮进水口，孔口底边缘略高于接近斜板顶部；采用移动闸板阀，交替关闭气浮或沉淀进水口，实现气浮或沉淀工艺的切换运行。

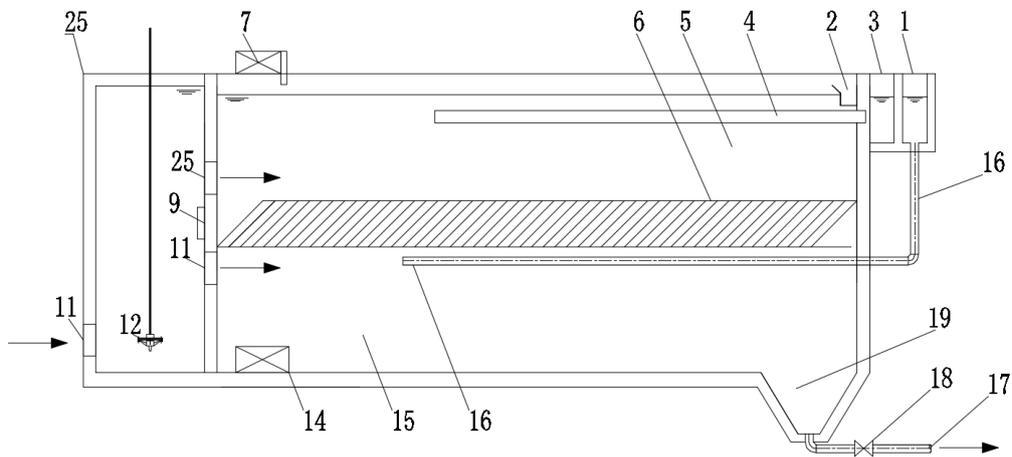


图 3-3 下与上向流斜板浮沉池剖面图

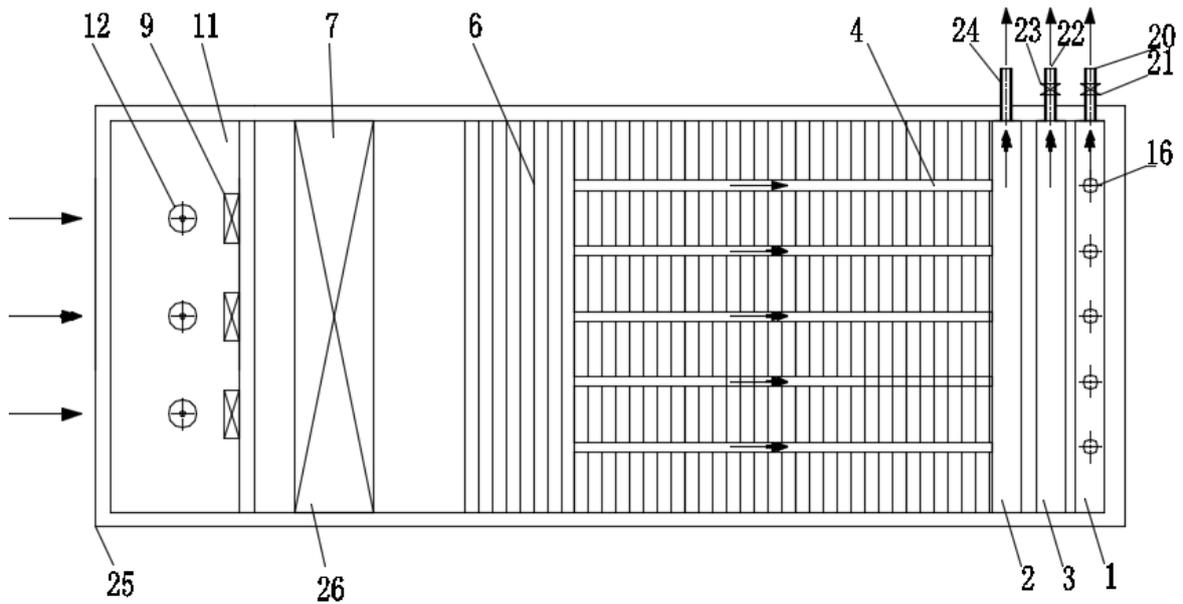


图 3-4 下与上向流斜板浮沉池平面图

1-气浮出水总渠 2-排渣槽 3-沉淀出水总渠 4-沉淀集水槽 5-上部配水区 6-气浮与沉淀填料装置 7-刮渣机 8-气浮进水孔 9-闸板 10-沉淀进水孔 11-接触区 12-溶气释放器 13-进水配水穿孔花墙 14-刮泥机 15-底部配水区与积泥区 16-气浮穿孔集水管 17-排泥管 18-排泥阀 19-集泥坑 20-气浮出水管 21-气浮出水阀 22-沉淀出水管 23-沉淀出水阀 24-排渣管 25-浮沉池体 26-隔墙

4. 与过滤相结合的气浮滤池

气浮滤池指在水深较浅的气浮池下部设置滤池的构筑物，既可解决气浮池在高程上不易与后续滤池配套的问题，也可以利用气浮池分离区下部的空间，节省用地。

设备化的气浮滤池多采用辐流式设计。原水通过池底进水管进入气浮池，和溶气水充分混合。气泡黏附水中 SS 上浮至气浮池表面，通过刮渣机收集至排泥管，再输送至污泥储池。水再通过底部滤池过滤后进入后续构筑物。也可采用平流式设计，前段气浮反应后，在后续集水部位，即浮渣收集区域下方增设过滤。达到气浮过滤一体化的作用。

目前在国内已经具有成熟应用的撬装模块化气浮砂滤一体化技术。工

期短, 安装灵活, 在确保较高的出水水质的前提下, 可极大地减少占地面积, 并且能够实现气浮澄清、过滤、反洗同时进行。

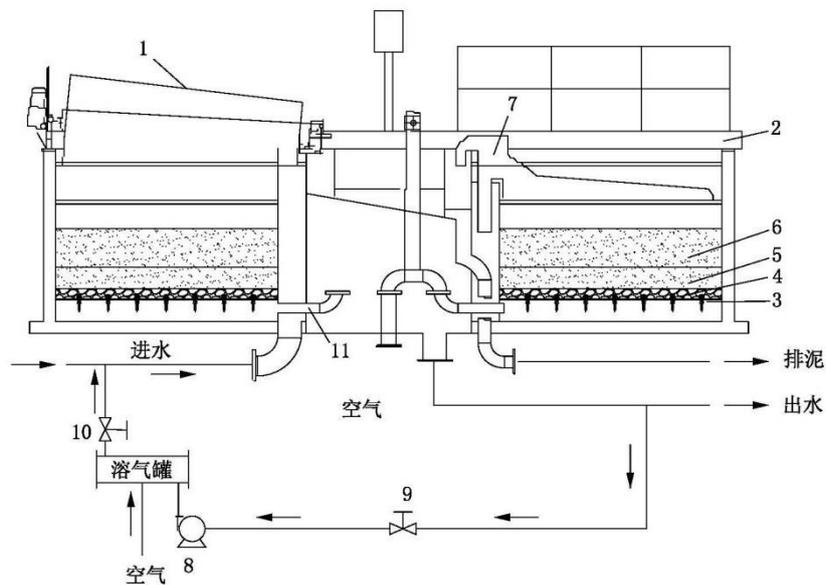


图 3-5 气浮滤池示意图

1-刮渣机 2-平台 3-滤头 4-砾石 5-石英砂 6-无烟煤 7-反洗分隔罩
8-回流泵 9-回流泵进水阀 10-减压阀 11-滤后水出水管

第二节 浅层气浮

一、设计要点及参数

- 1 浅层气浮池一般布置成圆形, 有效水深 0.5m~0.6m。
- 2 接触区上升流速下端取 20mm/s, 上端取 5~10mm/s。水力接触时间 1min~1.5min。
- 3 分离区表面负荷一般为 $(5\sim 10)\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 水力停留时间 12min~16min。根据进出水水质, 表面负荷可高达 $25\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。
- 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 8min~12min 一周计算。

6 溶气水回流比应计算确定，一般不应大于 30%。溶气罐通常可设计成立式。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 0.3MPa~0.5MPa。

7 浅层气浮的其它设计方法基本同压力溶气气浮法，可参见第五章第一节。

二、 计算公式

计算公式参照第三章第一节中“计算公式”的内容。

三、 主要设备仪表

1 空气溶解系统：高频共轨喷射强溶切割，形成空气溶解率理论值最大达到 27%；

2 气泡制造系统：形成均匀的带电荷的微气泡，无堵塞，易操作，工作时长超过 200,000 小时；

3 布水系统：旋转均匀布水；

4 浮渣系收集统：螺旋浮渣收集装置。

四、 气浮池布置形式

浅层气浮一般为圆形，呈单排布置，或每两两布置或 4 个布置。也可与滤池合建为气浮滤池，上层为气浮池，下层为滤池。

第三节 臭氧气浮法

一、设计要点及参数

1.臭氧气浮池宜与混合、絮凝设施合建，混合宜采用机械混合，絮凝可采用水力絮凝或机械絮凝。

2.混合池、絮凝池应设置底部放空和排泥设施。混合池搅拌速率应大于 150 rpm，G 值宜为 $500\sim 800s^{-1}$ ；絮凝池搅拌速率应小于 80 rpm，GT 值宜大于 10^4 。

3.气浮池应加盖气密，须设置臭氧尾气消除装置。

二、计算公式

计算公式参照第三章第一节中“计算公式”的内容。

三、主要设备仪表

1. 混合池

混合池的主要作用为投加凝固剂并使胶体悬浮，必要时调整 pH 值。混合池内宜设机械混合装置，建议采用变频调速设备。

2. 絮凝池

絮凝池一般不宜少于两格。若采用机械絮凝，建议采用变频调速设备。

3. 浮选槽

浮选槽通过入口段底部的微气泡扩散器产生的微气泡将固体与水分离。在其顶部安装浮渣刮板以清除浮渣。

4. 空气/臭氧溶解罐

空气/臭氧溶解罐在压力($4\sim 6\text{kgf}/\text{cm}^2$)下溶解空气或臭氧，其溶解空气或臭氧较为高效，可根据水质调整操作压力。

5. 微气泡扩散器

微气泡扩散器通过加压臭氧/空气溶解于水中产生微气泡，要注意的是经加压溶气后的水释放速度应降至最低，以减少絮团的破坏和紊流。

6. 出水管道

出水管道一般安装在浮选罐的下部，应通过水力分析优化位置，最大限度地减少反应池中的紊流，提升处理效率。

7. 浮渣刮板

浮渣刮板用以清除气浮池水面上的浮渣，根据污泥条件控制叶片旋转速度。

8. 臭氧生成系统

臭氧生成系统由空压机、冷却器、干燥器、氧气发生器、臭氧发生器组成。

9. 臭氧密封系统

注入臭氧溶解罐的压缩臭氧气体(4~ 8kgf/cm²)。

四、 气浮池布置形式

臭氧气浮池的布置形式可参考下图所示。

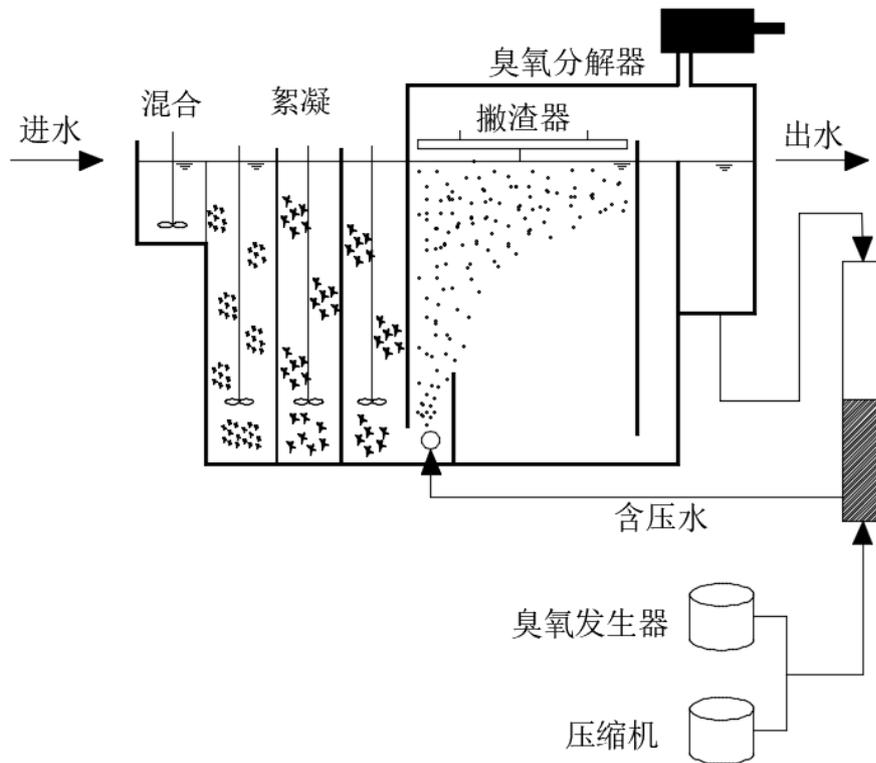


图 3-6 臭氧气浮工艺示意图

第四节 电解气浮法

一、设计要点及参数

1. 电解气浮主要用于小水量工业废水处理，尤其适用于含盐量大、电导率高、含有毒有害污染物废水处理；
2. 铁阳极电絮凝气浮用于含 Cr^{6+} 废水处理时， Cr^{6+} 浓度不宜大于 100mg/L ；
3. 电解气浮用于含氰废水处理时宜采用石墨惰性电极；
4. 极板厚度 $6\text{mm}\sim 10\text{mm}$ (可溶性阳极根据需要可加厚)，极板净间距 $15\text{mm}\sim 20\text{mm}$ ；

5. 电流密度宜小于(150~200)A/m²;
6. 气浮池分离时间由试验确定, 无试验条件时, 分离时间可采用0.3h~0.75h, 分离区高度 1m~1.2m;
7. 渣层厚度 10cm~20cm;
8. 对不同处理能力的装置, 池宽与刮渣板宽度可按表 5-2 选用。

表 3-2 池宽与刮渣板宽度

处理水量(m ³ /h)	宽度 (mm)	
	单池	刮渣板
<90	2000	1975
90~120	2500	2475
120~130	3000	2975

二、 计算公式

平流式电解气浮装置可采用以下公式计算。

1. 电极板块数,可按下式计算:

$$n = \frac{B - 2l + e}{\delta + e} \quad (3-3-1)$$

式中: B—电解池的宽度, mm;

l—极板面与池壁的净距, 取值 100mm;

e—极板净距 (mm), e= (15~20) mm;

δ—极板厚度 (mm), δ= (6~10) mm。

2. 电极作用表面积, 可按下式计算:

$$S = \frac{EQ}{i} \quad (3-3-1)$$

式中: S—电极作用表面积 (m²);

Q—设计流量 (m³/h);

E—比电流 ($A \cdot H/m^3$) ;

i—电极电流密度 (A/m^2) 。

3. 极板面积, 可按下式计算:

$$A = \frac{S}{n-1} \quad (3-3-2)$$

式中: A—极板面积 (m^2) 。

4. 极板长度, 可按下式计算:

$$L_1 = \frac{A}{b} \quad (3-3-3)$$

式中 L_1 —极板长度 (m) ;

b —极板高度 (m) 。

5. 电极室长度, 可按下式计算:

$$L = L_1 + 2l \quad (3-3-4)$$

式中: L — 电极室长度 (m) ;

6. 电极室总高度, 可按下式计算:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 \quad (3-3-5)$$

式中: H — 电极室总高度, m;

h_1 —澄清层高度 (m) , 取 (1.0~1.5) m;

h_2 —浮渣层高度 (m) , 取 (0.4~0.5) m;

h_3 —保护高度 (m) , 取 (0.3~0.5) m;

7. 电极室容积, 可按下式计算:

$$V_1 = BHL \quad (3-3-6)$$

式中: V_1 — 电极室容积 (m^3) 。

8. 分离室容积, 可按下式计算:

$$V_2 = Qt \quad (3-3-7)$$

式中： V_2 — 分离室容积 (m^3)；

t — 气浮分离时间 (h)。

三、 主要设备仪表

整流栅、电极(组)、刮渣机、水位调节器等。电极一般为镀铂的钛。

四、 气浮池布置形式

电解电浮装置分为竖流式和平流式两种。

第五节 叶轮气浮法

一、 设计要点及参数

1. 叶轮气浮设施包括叶轮、吸气管、分离室、刮渣机等。
2. 叶轮直径一般采用 200mm~400mm, 最大不应超过 600mm~700mm;
3. 叶轮角速度宜为(900~1500)r/min, 线速度 $u=(10\sim15)m/s$;
4. 叶轮与导向叶片的间距应小于 7mm~8mm;
5. 气浮池水深一般为 2m~2.5m, 不宜超过 3m;
6. 气浮池宜为正方形, 单边尺寸不大于叶轮直径的 6 倍。

二、 计算公式

1.气浮池总容积 W , 可按下式计算:

$$W = \alpha Qt \quad (3-4-1)$$

式中:

W —气浮池总容积 (m^3)；

α — 系数，一般为 1.1~1.2；

Q — 处理废水量 (m^3/min) ；

t — 气浮分离时间，一般为 20min~25min。

2. 气浮池总面积 F ，可按下式计算：

$$F = \frac{W}{h} \quad (3-4-2)$$

$$h = \frac{H}{\rho} \quad (3-4-3)$$

$$H = \varphi \frac{u^2}{2g} \quad (3-4-4)$$

式中：

F — 气浮池总面积 (m^2) ；

h — 气浮池的工作水深 (m) ；

ρ — 气水混合体的密度，一般为 $0.7\text{g}/\text{cm}^3$ ；

H — 气浮池中的静水压力；

φ — 压力系数，其值等于 0.2~0.3；

u — 叶轮的圆周线速度 (m/s) 。

3. 气浮池数(或叶轮数) n ，可按按下式计算计算：

$$n = \frac{F}{f} \quad (3-4-5)$$

式中：

F — 气浮池总面积 (m^2) ；

f — 单台气浮池面积 (m^2) ；

4. 叶轮气浮池边长，可按下式计算：

$$l = \sqrt{f} = 6D \quad (3-4-6)$$

式中：

l - 叶轮气浮池边长 (m) ;

D — 叶轮直径 (m) 。

5. 叶轮吸入的气水混合量 q , 可按下式计算:

$$q = \frac{Q \times 1000}{60n(1-\beta)} \quad (3-4-7)$$

式中:

q — 叶轮吸入的气水混合量 (L/s) ;

β — 曝气系数, 根据试验确定, 一般可取 0.30;

n —— 叶轮数。

6. 叶轮转速 ω , 可按下式计算:

$$\omega = \frac{60\mu}{\pi D} \quad (3-4-8)$$

式中:

ω — 叶轮转速 (r/min) 。

μ — 叶轮线速度 (m/s) 。

7. 叶轮所需功率 N , 可按下式计算:

$$N = \frac{\rho H q}{102\eta} \quad (3-4-9)$$

式中:

N — 叶轮所需功率 (kW) ;

η — 叶轮效率, 一般取值 0.2-0.3;

三、 主要设备仪表

主要设备为叶轮。

四、 气浮池布置形式

叶轮气浮池一般为正方形, 单边尺寸不宜大于叶轮直径的 6 倍。

第四章 施工与验收

第一节 施工准备

一、 技术交底

施工前应熟悉设计文件和设备安装要求，应进行施工图和设备安装技术交底。

二、 现场复核

施工及安装前应将设备技术要求允许的偏差，对现场情况与图纸进行核对，在管道穿越墙壁、楼板等处核对并确定设备基础、预留孔洞、预埋套管和预埋件的尺寸及标高和位置，发现问题应及时解决，并应有记录。

三、 进场检验

钢筋混凝土结构的气浮池采用的材料、构配件、器具及半成品按进场批次进行检验。现场配制的混凝土、砂浆、防腐与防水涂料等工程材料应经检测合格后方可使用。

第二节 施工管理

施工过程中必须遵守国家 and 地方有关环境保护的法律、法规，采取有效措施控制施工现场的各种粉尘、废气、废水、固体废弃物及噪声、震动等对环境造成的污染和危害。

一、 质量控制

气浮池施工过程质量控制符合下列条款：

- 1.各分项工程施工完成后，应进行检验；
- 2.相关各分项工程之间，应进行交接检验；
- 3.隐蔽工程应在隐蔽前进行验收；
- 4.未经检验或验收不合格不得进行下道施工工序。

二、 允许偏差

1.气浮设备预埋件、预留孔的标高允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$ ，中心位置允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。

2. 整体安装的回流泵，纵向安装水平偏差不宜大于 $\pm 0.1/1000$ ，横向安装水平偏差不宜大于 $\pm 0.2/1000$ ；解体安装的回流泵纵、横水平偏差均不宜大于 $\pm 0.05/1000$ 。

3. 溶气罐安装位置偏差不宜超过 $\pm 10\text{mm}$ ，泵体标高偏差不大于 $\pm 10\text{mm}$ 。

三、 注意事项

1. 溶气罐、释放器及其连接管道，在安装前、后须将杂质冲洗干净，可采用气、水混合冲洗。

2. 溶气释放器安装后，检查确保释放器水平、出水均匀、释出气泡微细、防堵部分正常工作。

3.气浮池结构施工完毕后，建议进行满水试验，并要符合下列规定：

(1) 向池内注水宜分 3 次进行，第 1 次宜注水至设计水深的 1/2，第 2 次宜注水至设计水深的 3/4，第 3 次宜注水至设计水深；

(2) 满水试验渗水量满足《给水排水构筑物工程施工及验收规范（GB50141）》的规定。

4. 在气浮池投入运行前，除对各种设备进行常规的检查外，尚需对溶

气罐及管道进行多次清洗，待出水没有易堵的颗粒杂质时，再安装释放器。

第三节 验收

一、构筑物竣工验收

1.需提供不限于以下内容的资料：

- (1) 竣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) 施工记录；
- (4) 工程质量检验评定记录；

2.需核实竣工验收资料，并进行必要的复验和外观检查，可对下列项目作出鉴定，并填写竣工验收鉴定书。

(1) 构筑物的位置、高程、坡度、平面尺寸，管道、设备及其附件等安装的位置和数量；

- (2) 混凝土结构强度、抗渗、抗冻的标号；
- (3) 气浮池的水密性；
- (4) 外观；

二、设备安装工程验收

1.需提供不限于以下内容的资料：

- (1) 原材料、成品、半成品的出厂合格证和检验记录或试验资料；
- (2) 施工及检验记录；
- (3) 设备使用说明书，运行及保养手册；
- (4) 试运转记录；

2. 气浮设备单机试运转主要检验每个机电设备、设施的运转和性能情况。

3. 压力溶气系统试运行包括溶气水泵开停、空气压缩机压力范围设定、溶气罐液位自动控制等。试运行至少包括以下项目：

(1) 处理水量和水质；

(2) 水处理效果；

(3) 浮渣处理情况；

(4) 电能消耗。

三、 资料归档

气浮构筑物竣工验收后，建设单位应将有关设计、施工及验收的文件和技术资料立卷归档。

第五章 运行维护

第一节 运行

一、 加压溶气气浮

1. 运行前准备

(1) 在气浮池投入运行前，除对各种设备和仪表进行常规的检查外，尚需对溶气罐及管道进行多次清洗。

(2) 在调试时，首先调试压力溶气系统，包括溶气水泵的开停、空气压缩机高、低压力范围的设定、溶气罐液位自动控制是否正常工作等。

2. 首次启动

启动前检查工作完毕后，进入首次启动运行系统设备。建议手动操作，采用就地控制柜开关或触摸屏点动进行首次启动运行。启动顺序如下：

(1) 打开气浮池进水阀或进水泵，待气浮池内液位上升至设计液位，打开出水阀。

(2) 全开回流泵进、出水阀，半开溶气罐出水阀；启动回流泵，通过调节出水阀和观察溶气罐液位，使溶气器罐内液位充满。

(3) 慢慢打开溶气罐泄气阀，将罐内残留气体排出，待水喷出时，关闭泄气阀；慢慢打开溶气罐放空阀，将罐内残液排出，约 10s~20s 后，关闭放空阀。

(4) 通过调节回流泵出水阀、溶气罐出水阀开度，使回流量满足设计要求，溶气罐内运行压力为 0.5Mpa。

(5) 开启空压机，空压机设置低压开(0.4~0.7)Mpa，高压停(0.6~0.9)Mpa，打开储气罐进气阀、出气阀；待空压机高压停后，接通储气罐与溶气

罐之间电磁阀。

(6) 再次进行步骤 4 操作，保证回流量满足设计要求，溶气罐内运行压力为 (0.3~0.5) Mpa。正常操作空气宜占溶气罐上部的圆柱部分的 2/3~3/4 之间。

(7) 打开气浮池进水阀或进水泵、出水阀（一般为出水堰板或自动调节阀），通过调节气浮池进、出水阀门或设备，使气浮池内运行液位稳定，达到设计水位。

(8) 打开加药系统管道阀门，启动加药泵。

(9) 打开浮渣排放阀，启动刮渣机，观察气浮表面浮渣情况，调节刮泥速度，建议变频器频率一般为 30Hz 左右。

(10) 取溶气罐内溶气水样进行观察，判断溶气水质量。可改变溶气罐在不同压力水流量和空气量以便确认最佳工况。

3. 正常运行

(1) 压力溶气罐的进、出阀门，在运行时应完全打开。

(2) 正常启动顺序常常由可编程序控制器和远程控制阀自动实现，但要定期校正检测仪表、检查刮泥机的轴承运转、检查溶气罐污染堵塞等。

(3) 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、溶气水储水池水位、刮渣机的行程与运行速度、周期等运行参数建议自动控制。

(4) 日常启动（非全自动运行）顺序为：气浮池进水至稳定液位→溶气罐设计工况满足→气源设备操作符合→加药系统合理加药→气浮池运行液位稳定→气浮池定期排渣。

4. 运行参数记录

(1) 每天填写运行记录；如设备停车，需注明原因；设备的任何调整都需注明。

(2) 操作记录参数

1) 进水流量

2) 进出水水质

污水：SS、COD、温度、pH 等；给水：浊度、pH、藻类、耗氧量等。

3) 回流量、回流比

4) 回流泵出口压力、溶气罐运行压力

5) 气源压力

6) 气体流量

7) 运行液位

8) 加药量

(3) 任何故障和偏离正常操作现象都需清楚记录，包括进水工况突变、浮渣情况变化、溶气水质下降等。

5. 运行保障措施

(1) 空气压缩机的压力大于溶气罐内压力，才可向罐内注入空气。为了防止压力水倒灌进入空气压缩机，可在进气管上装设止回阀。

(2) 应反复检验刮渣机的行走状态，限位开关、刮板插入深度、刮板翘起时的推渣效果等，尽力避免扰动浮渣而影响出水的水质。

(3) 刮渣时，为使排渣顺畅，可以略为抬高池内水位，并以浮渣堆积厚度及浮渣含水率适宜选定刮渣周期。

(4) 需经常观察池面情况，如发现接触区浮渣面不平，局部冒出大气

泡，则可能是由于释放器被堵，需对释放器进行冲洗，将堵塞物清除。

(5) 如发现气浮分离区渣面不平，池面常有大气泡鼓出或破裂，则表明气泡与絮粒黏附不好，需采取投加表面活性剂等措施加以解决。

二、 电解气浮

1. 电解气浮处理含 Cr^{6+} 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 Cr^{6+} 浓度不宜大于 100mg/L ，pH 值为 $4\sim 6.5$ 。

2. 当原水电导较低时，可适当投加 Na_2SO_4 、 NaCl 提高原水导电性，降低电解电压。

三、 叶轮气浮

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。

第二节 维护

一、 日常维护

1. 运行时要检验刮渣机的行走状态，限位开关、刮板插入深度、刮板翘起时的推渣效果等，不合适时需调整刮渣机的行程（升降速度）和刮板提升器的钢丝绳，以调整刮板的角度和高度。刮渣时，可略为抬高池内水位。

2. 根据絮凝池的絮凝、气浮池分离区浮渣及出水水质，调整混凝剂投加量等混凝参数。检查并防止加药管堵塞。

3. 电解气浮处理含 Cr^{6+} 废水时，需及时更换铁板。

4. 根据叶轮运行情况及时调整叶轮与导向叶片的间距。

二、 定期维护

1. 气浮池需定期清洗，刮渣机、释放器、溶气罐要定期维修保养。

2. 释放器需定期清理，防止释放器被堵塞。可通过在回流水泵之后设置自清洗过滤器延长释放器清洗周期。

3. 装填填料的溶气罐进水管设置的除污器需定时清洗，损坏时进行更换。溶气罐的填料也需定时排污、清洗。溶气罐要定期将罐内的残余浓缩气体释放出，提高溶气效率。

4. 气浮池出水阀的开启度应正常指示，出现故障应及时维修，溶气罐的安全阀应定期校正。

5. 冬季水温过低时，絮凝效果差，除增加投药量外，可增加回流量或溶气压力，以增加微气泡数量及与絮粒的黏附，以弥补因水流黏度的增加而降低带气絮凝的上浮性能，保证出水水质。

参考资料

1. 《室外排水设计标准》 GB50014-2021
2. 《室外给水设计标准》 GB50013-2018
3. 《给水排水构筑物工程施工及验收规范》 GB50141-2008

附录 A 应用案例

案例一 珠海第四制水分公司乾务水厂

1. 工程建设单位和建设地点

建设单位：珠海水务集团有限公司

建设地点：珠海市斗门区乾务水厂内

2. 工程规模

乾务水厂现状取水及原水管道设计规模为 40 万 m^3/d ，而本次扩建工程规模 16 万 m^3/d ，建成后的水厂总规模为 28 万 m^3/d

3. 工程设计进出水水质

(1) 原水水质

水源中耗氧量 (COD_{Mn})、浊度、氨氮等浓度很低，但锰、铁长期或部分超过《生活饮用水水源水质标准》(CJ3020-93)的要求。黄杨河、缙坑水库、乾务水库浊度年均值分别为 19.6 NTU、5.5 NTU、4.0NTU，原水经水库调蓄后浊度逐步降低；耗氧量分别为 2.11 mg/L、1.86 mg/L、2.10mg/L；铁分别为 0.51 mg/L、0.15 mg/L、0.11mg/L；锰分别为 0.52 mg/L、0.16 mg/L、0.7mg/L。

2011 年黄杨泵站抽水、乾务水库水位较低季节，乾务水库藻类约为 500 万个/L，在水库蓄淡避咸、水库水位较高季节藻类含量增加，达到 3400 万个/L。但 2012 年 3~4 月天气转暖季节，乾务水库藻类大幅增加，4 月达到 9600 万个/L，而 2011 年 4 月为 528 万个/L。

(2) 出水水质目标

滤后水浊度指标不高于 0.3NTU，其他水质指标应满足《城市供水水质标准》（CJ/T206-2005）和《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）的要求。

4. 气浮方法

本工程采用加压溶气气浮法的高速气浮。

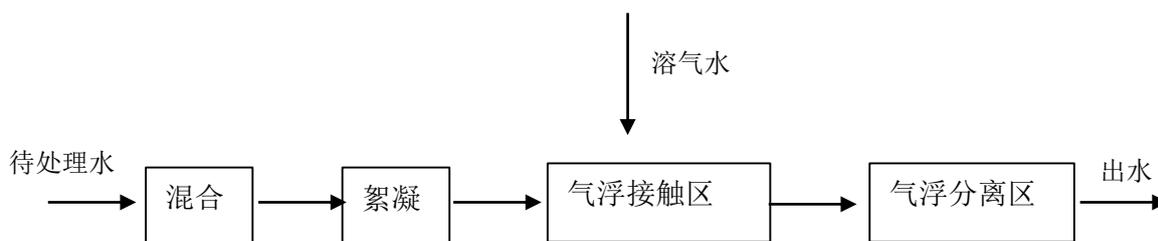


图 A.1-1 溶气气浮法示意图

气浮是依靠微气泡，使其黏附于絮粒上，从而实现絮粒强制性上浮，达到固、液分离的一种工艺。由于气泡的重度远小于水，浮力很大，因此，能促使絮粒迅速上浮，因而提高了固、液分离速度。

气浮池由三个主要部分组成：一个“絮凝池”、一个“接触区”以及一个“分离室”。水库原水经投加絮凝剂后，进入絮凝池，经絮凝后的水，自池底部进入气浮池接触区，并与溶气释放器释出的含微气泡水相遇，絮粒与气泡黏附后，即在气浮分离室进行渣、水分离。浮渣布于池面，定期刮（溢）入排渣槽；清水由穿孔集水板引出，进入后续处理构筑物。其中部分清水，则经回流水泵加压，进入压力溶气罐，与此同时，空气压缩机亦将压缩空气压入压力溶气罐，在溶气罐内完成溶气过程，并由溶气水管将溶气水输往溶气释放器，供气浮用。

5. 工艺流程

本工程净水工艺包括预处理、常规处理、深度处理和应急处理。

预处理：液氯预氧化。

常规处理：絮凝气浮池+V型滤池+清水池。

深度处理：预臭氧（O₃）+臭氧-生物活性炭（O₃-BAC）。

应急处理：高锰酸钾+粉末活性炭。

6. 工艺设计要点、设计参数

针对原水高藻的特点，需将一期流程一并考虑，设两座高速气浮池，一座 16 万 m³/d（分为 4 格），一座 12 万 m³/d（分为 3 格），每格均可独立运行，考虑水厂自用水系数 1.05，回流比为 10%，单格设计流量为 1750 m³/h。远期再增加一座 16 万 m³/d 气浮池（分为 4 格）。

气浮池单格主要设计参数：

设计流量：1750 m³/h

混凝区

混合时间：2.7 min（机械混合）

有效容积：80 m³

土建尺寸：LxBxH=7.5x2.8x4.8m

絮凝区

混合时间：8 min（水力絮凝）

有效容积：248 m³

土建尺寸：LxBxH=11.0x5.8x4.5m

气浮区

接触区顶部上升流速：31.4 mm/s

接触区底部上升流速：52.6 mm/s

单池气浮面积：66 m²

气浮区的上升流速：26.5 m/h

溶气压力水循环：10%

气浮区土建尺寸：LxBxH=11.0×6×4.5m

浮渣浓缩池

新建浮渣浓缩池设 1 座，远期再增加 1 座，出泥含固率 1%~2%。为提高浓缩池的浓缩效果，考虑在浓缩池中投加聚合物 PAM，PAM 投加量为 2.0kg/t DS。

每座浓缩池设计参数：直径：32m

28 万 m³/d 时，1 座，干固体量为 13.0+1.2=14.2 t/d，固体通量为 0.74 kgDS/（m²·h）；

44 万 m³/d 时，2 座，干固体量为 20.4+1.8=22.2 t/d，固体通量为 0.58 kgDS/（m²·h）。

7. 关键设备

(1) 溶气释放器

12 万 m³/d 规模的一期工程：加压水释压喷头材质 PVC，441 套。

16 万 m³/d 规模的扩建工程：加压水释压喷头材质 PVC，588 套。

(2) 压力容器罐

12 万 m³/d 规模的一期工程：压力容器罐材质 SS304，3 套，每套设备直径 1100mm，高 2200mm。

16 万 m³/d 规模的扩建工程：压力容器罐材质 SS304，4 套，每套设备直径 1100mm，高 2200mm。

8.工程投资和运行成本

珠海市乾务水厂扩建工程，规模为 16 万 m^3/d ，工程内容包括新建絮凝气浮池（12 万 m^3/d 和 16 万 m^3/d ）、V 型滤池（16 万 m^3/d ）、清水池（16 万 m^3/d ）、浮渣浓缩池（16 万 m^3/d ）、应急处理加药间（44 万 m^3/d ）；现状网格间及配水井、送水泵房、加药间、回收水池、排泥水池、污泥脱水机房中新增设备；以及电气自控仪表、厂区管网、道路、绿化等。

第一部分工程费用 10479.29 万元，第二部分工程建设其他费用 1657.21 万元，基本预备费 606.83 万元，工程静态投资 12743.33 万元，建设期借款利息 292.14 万元，铺底流动资金 166.37 万元，项目总投资为 13201.84 万元，技术经济指标 825.11 元/ m^3/d 。平均单位经营成本为 0.60 元/ m^3 ，平均单位总成本为 0.78 元/ m^3 。

案例二 珠海市唐家水厂 12 万 m³/d 改造工程

1. 工程建设单位和建设地点

建设单位：珠海水务集团有限公司

建设地点：珠海市唐家湾

2. 工程规模

工程规模：设计处理水量 $Q=12$ 万 m³/d。

3. 工艺流程

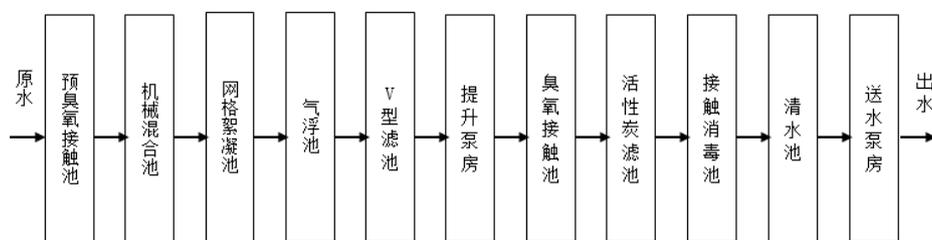


图 A.2-1 工艺流程框图

唐家水厂原有工艺（机械搅拌澄清池），处理浊度低、藻类高的凤凰山水库水的效果较差，出水浊度时常不能满足珠海水控集团内控指标要求，不能很好去除臭味物质，出水臭味物质二甲基异茨醇、土臭素不能满足要求。

经现场中试（处理水量 20m³/h），气浮工艺处理浊度低、藻类高的凤凰山水库水效果较好；臭氧活性炭可以很好去除臭味物质。因此，唐家水厂改造工程采用新建预臭氧+网格絮凝+气浮池、臭氧活性炭滤池，保留原有 V 型石英砂滤池，对原水（凤凰山水库水）进行应对处理。充分利用气浮池与原有 V 型石英砂滤池衔接流程的高程，在气浮池下部设置排泥排渣水、反冲洗水沉淀池。

预处理系统及污泥处理系统池体，新建 1 座，包含：

(1) 预处理采用预臭氧氧化法。

(2) 混合絮凝池：采用机械混合、网格絮凝，絮凝时间 18min。

(3) 气浮池：回流比 10%，溶气压力 (0.3~0.5) MPa，气浮浮渣采用刮渣机清除。

(4) 深度处理采用臭氧活性炭，活性炭滤池单组过滤面积为 91m²，正常滤速 9.6m/h，炭滤料厚 2m。

4. 气浮池主要设计参数

混合时间：35s

絮凝（反应）时间：18min

接触区上升流速 18mm/s，接触时间 1.15min，气浮表面负荷：5.47 m³/m²·h，下向流速：1.52mm/s；共 4 组，每组 2 格，单组处理规模 3 万 m³/d。回流比 10%，溶气压力：(0.3~0.5) MPa，浮渣采用刮渣机清除。

5. 运行效果

2018 年 7 月气浮工艺投入运行，至今运行效果良好。原水浊度 1.63 NTU ~4.72 NTU，气浮出水浊度 0.31 NTU ~0.84 NTU；原水藻类(1361.00~1766.11)万个/L，气浮出水藻含量(82.52~188.10)万个/L。

案例三 无锡市钱惠污水处理有限公司提标改造项目

1. 工程建设单位和建设地点

无锡钱惠污水处理有限公司，江苏省无锡市惠山区晓陆路

2. 工程规模：50000m³/d

3. 气浮除磷单元进出水水质

表 A.2-1 气浮单元进出水水质

单位：mg/L

项目	TP	SS	浊度	COD _{Cr}
进水水质	0.5(1.0)	10(20)	/	40
出水水质	0.2	5	/	≤进水值

注：括号（）内为非正常极限最高值。

4. 气浮方法：

本项目采用加压溶气气浮法,工艺流程如下：

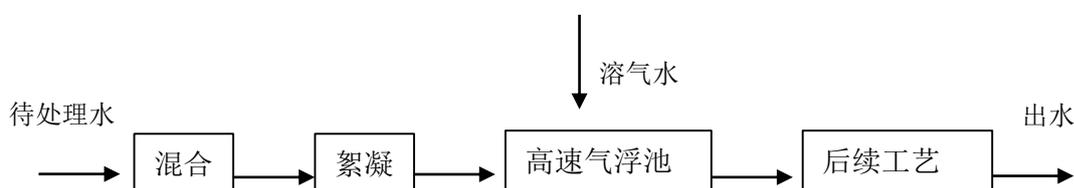


图 A.3-1 压溶气气浮工艺流程示意图

5. 工艺设计要点、设计参数

表 A.3-2 设计参数表

项目	参数	单位
整体撬装式设备，材质：SUS304		
数量（台/套）	3	套

单套处理水量	25000	m ³ /d
混合絮凝反应时间	10.00	min
回流比	10%	/
接触区停留时间	2.00	min
分离区停留时间	7.00	min
表面水力负荷	30.00	m ³ /(m ² ·h)
气浮池停留时间	9.0	min

6. 关键设备

本项目采用的关键设备：2.5万吨气浮除磷净化装置。

2.5万吨气浮除磷净化装置由高效涡流式反应器、浮选式固液分离装置组成，可高效去除工业废水、生活污水等水体中总磷 TP、无机质颗粒物、胶体物质、油脂等，完成水体的高效除磷，实现水体的良好净化效果。该装置具有能耗低，费用省，占地小，出水好，主要应用于市政水厂提标、黑臭河道治理、工业废水除磷等领域，实现出水总磷小于 0.05 mg/L，浊度小于 0.5NTU。

显著优势：

- 水力负荷高达 30m³/（m²·h）以上，比传统装置高出 10 倍以上；
- 吨水运行费用可实现 0.1 元/吨以内；
- 整体撬装，单套处理量可高达 25,000 吨/天；
- 出水 TP<0.05 mg/L ， SS<5 mg/L ；
- 出水浊度小于 0.5NTU；
- 出水 DO>6.0 mg/L；
- 浮渣含水率小于 98%。

7. 安装

混凝絮凝池体和气浮设备池体应安装在坚固而且水平的基础上，基础

应能够承受设备满负荷时的总重量（含液体重量）。整个处理系统各个方向都要保持水平。以便保证系统能够有效地运行，发挥系统应有的高效率。

所有的管道阀门连接处应保证良好的密封；所有的电线导管和线路布置都要符合规范，并应由专业的电器人员安装。

8.运行与维护

(1) 运行

1) 运行前准备

清除池中杂物:

A、检查回流水泵、空气机、排渣机是否灵活，是否已按规定加好润滑油，如有异常应立即排除；

B、就地控制又分为手动、自动方式。一般调试时置手动位置电气设备可单个启动、停止。接通电源启动回流水泵（开 5 秒左右），检查其转向是否正确，如反转，将其中的两根电线调换相位即可；

C、按排渣机启动按钮，排渣机应向出水端行走。自动排渣只需将开关置于自动，设定好排渣时间即可。

2) 启动、试运行

本项目中，每套溶气系统配两个过滤器，一般两个过滤器同时打开。打开蝶阀 1、蝶阀 2、蝶阀 3 和蝶阀 4，这样两个过滤器即处于工作状态，建议每隔两天清洗一次过滤器，清洗过滤器时把过滤器前后的阀门关闭，另一个过滤器则处于工作状态，例如：在蝶阀 3 和蝶阀 4 打开时，关闭蝶阀 1 和蝶阀 2，即可以清洗过滤器 1；清洗好后把过滤器 1 安装好，打开蝶阀 1 和蝶阀 2，关闭蝶阀 3 和蝶阀 4，即可以清洗过滤器 2；

控制，在回流水泵可供压力范围内调整，一般取 3-5bar；一般调至压力表 1 比压力表 2 高 0.03~0.1MPa；

溶气系统的空气由空压机提供，由于溶气水不断地将罐内空气带走，罐内空气逐渐减少，水位不断上升；当水位上升到一定位置时，液位控制计将控制空压机工作（相反则停止），以保持溶气系统内的空气量。溶气系统是否加气是由液位控制计来控制的，和罐内压力没有关联。

C、气浮装置运行

污水的 PH 值控制范围一般为：7.0~8.5；

根据污水的水质情况，选定合适的混凝剂、絮凝剂；

根据污（废）水的水量及水质情况，试验确定药剂投加量。PAC 药剂建议配制浓度 10%~15%，加药量建议为 30 mg/L~80 mg/L 之间，用户请根据实际情况适当调整。PAM 药剂选型建议由实验来定，一般选用阴离子，PAM 药剂建议配制浓度在 0.15%以内，加药量建议为 1mg/L~3mg/L 之间，用户请根据实际情况适当调整。

将污水和药剂同时进入混凝、絮凝反应池。再将絮凝反应好的污（废）水送入除磷净化装置池进行固液分离，处理量应从小逐渐增大，直至额定值；

排渣：一般选择自动排渣，即将“排渣选择开关”置于自动位置，根据具体情况设定排渣时间；在特殊情况下，也可采用手动控制。

D、溶气水量的确定

一般溶气水水量控制在污水量的 10%左右。由于各种废水的 SS 含量不同。从理论上讲，溶气水水量也应按污水 SS 含量来确定。溶气水量可以通过溶气水进口控制阀（闸阀 1）及溶气水出水控制阀（闸阀 2）来控制，具体调节方式请询问生产厂家。

3) 正式运行

A、设备使用前应按试运行方法试运行，试运行合格后方可投入正常使用。

B、先运行设备，即先注满清水，之后溶气系统运行 3~5 分钟。然后将药剂和污水同时进入混凝、絮凝反应池，再将絮凝反应好的污水气浮装置池，污水量从小到大，逐渐增大，直到满负荷为止。

C、停止运行时，应先关闭除磷净化装置的进水，待设备运行 10 分钟，然后才能停止回流水泵，在设备停止之前将排渣机选择开关置于手动位置，把浮渣刮干净。

D、设备运行过程中，应经常注意观察系统运行是否正常，如发现问题应立即停止运行，进行检查。

E、回流水泵需定期保养、维护。一般回流水泵一个月加一次润滑油，具体请按照该产品的使用说明书进行维护及保养。

F、排渣机工作时严禁将手等放在轨道上。

G、气浮装置运行一段时间后应对池子进行清洗，一般夏季为 10~20 天；冬季为 30~40 天清洗一次，也可根据实际情况灵活运用。

H、回流水泵长时间停用时，应将回流水泵内水放空，冬季应注意防冻。

I、底部排泥根据出水水质情况进行调整。如果出水越来越浑浊，就排泥，具体操作方式为依次打开手动/气动蝶阀，一般每天 1~2 次，每个蝶阀依次打开 5 秒左右，中间间隔 10 秒左右，具体调节方式询问生产厂家。

J、如果出水水质不达标，压力调节是改善的手段之一，具体调节方式询问生产厂家。

(2) 维护

1) 设备需进行日常巡检，检查维护点及周期见表 A.3-3。

表 A.3-3 设备日常巡检表

序号	检查部分	检查维护点	检查周期
1	溶气系统	是否有异常噪音	1次/天
2	排渣电机	是否有异常噪音 电机是否过度发热	1次/天
3	排渣机轴承	添加润滑油	1次/周
4	排渣机驱动链条	添加润滑油	1次/周
5	刮板链条	链条连接是否紧固 是否存在杂物 链条松紧是否合适	1次/周
6	溢流板调节手轮	螺杆及螺帽添加润滑油	1次/周

2) 对设备运行一段时间后，进行润滑，具体见表 A.2-4。

表 A.3-4 设备润滑表

润滑部分	润滑方式	润滑剂	用量	时间
回流水泵	注入轴承箱			
排渣机减速机	注入齿轮箱	钙基润滑脂	适量	12000 小时后
排渣机轴承座	注入轴承座	钙基润滑脂	适量	3 个月

3) 常见故障及处理方法，见表 A.3-5。

表 A.2-5 常见故障分析及排除方法

故障	现象	结论	排除方法
无溶气水	1.回流水泵运行正常 2.二表压力均在 3.5bar 以上 3.二压力表无压力差	1.释放器堵死 2 出水阀门没有打开	1.排除释放器的堵塞物 2.检查出水阀门
无溶气水	1.二表压力均在 3.5bar 以上 2.二表压差 0.6bar 3.空压机运行不停和不启动	1.空压机工作无力 2.供气不足 3.液位控制计是否卡住	1.调换空压机进出气阀片 2.换空压机活塞环 3.检查气路、管道有无漏气和罐内及液位控制计清洗
溶气水量小	1.二表压力均在 3.5bar 以上 2.二表压力差在 0.3bar 以下 (小于正常压差) 3.回流水泵运行正常	溶气释放器堵塞	1.检查释放器 2.排除堵塞物

溶气水量小	1.二表压力均在 3bar 以下 2.回流水泵出口控制水阀已全打开	1.回流水泵进水网罩堵塞,进水量不足 2.回流水泵叶轮有异物	1.排除进水堵塞物 2.排除叶轮异物
开机时溶气水正常,半小时后无溶气水	1.二表压力均在 3.5bar 以上 2.回流水泵运行正常 3.空压机在自动位不工作,手动时能启、停	供气自动电器部分有故障	1.检查手、自动转换开关有无放到自动位置 2.检查自动控制线路有无脱落。
回流水泵启动后自动停机	1.启动运行一段时间后,自动停机 2.再一次启动,该路交流接触器不工作	该路热继电器保护电流设置不当	1.将热继电器电流调节到相应位置 2.按一下热继电器复位杆
长期不用,启动后即停机	1.按启动按钮,该路设备能启动 2.松开启动按钮即停机 3.设备是否卡死。	该自保线路已脱落 该自保线路接点的接触电阻过大	1.接好自保线路 2.排除自保接点的接触电阻

9. 气浮除磷单元工程投资和运行成本

表 A.3-6 气浮单元投资与成本

项目	元/(m ³ .d)	备注
工程(气浮单元)投资	200.00	设备材质: 304 不锈钢
单位污水直接运行成本	0.065	药剂费、电费

案例四 绍兴水处理发展有限公司污水处理提标改造项目

1. 工程建设单位和建设地点

工程规模：项目总规模 90 万 m³/d,在 2015 年分质提标前处理生活污水与工业废水的混合水，以工业废水为主，占比超过 80%；项目分三期实施，一期规模 30 万 m³/d，二期规模 40 万 m³/d，三期规模 20 万 m³/d。

建设单位：绍兴水处理发展有限公司

建设地点：绍兴市柯桥区滨海工业区兴滨路 1903 号

2. 工程设计进出水水质

表 A.4-1 工程设计进出水水质 （单位：mg/L，色度除外）

序号	水质指标	进水最高浓度	出水排放限值
1	化学需氧量(COD)	1500	100
2	五日生化需氧量	650	25
3	悬浮物	550	70
4	色度(稀释倍数)	400	80
5	氨氮	50	15
6	总氮	55	20
7	总磷	6	1.0

3. 气浮单元进出水水质

表 A.4-2 气浮单元设计进出水水质 （单位：mg/L，色度除外）

序号	水质指标	进水最高浓度	出水排放限值
1	化学需氧量(COD)	150	100
2	五日生化需氧量	25	25
3	悬浮物	80	70
4	色度(稀释倍数)	30	80
5	氨氮	15	15
6	总氮	20	20
7	总磷	1.0	1.0

4. 气浮方法：浅层气浮法

浅层气浮法是指空气溶解装置、消能装置在饱和水的条件下释放出大量微小气泡，改变了水的表面张力，由于微气泡的形成过程中，微气泡快速

膨胀的动能会传递给部分胶体，使其热运动的速度增大，这部分胶体彼此或与其他胶体碰撞，就能克服较高的能峰而凝聚，分解有色基团，并且使气泡表面带有正电荷，能够吸附带正电荷的胶体 COD，使其从水中分离析出。废水中这些短链有机物分子和有色基团被大量吸附，从而提高去除 COD。

5. 工艺流程

(1) 一三期工艺流程

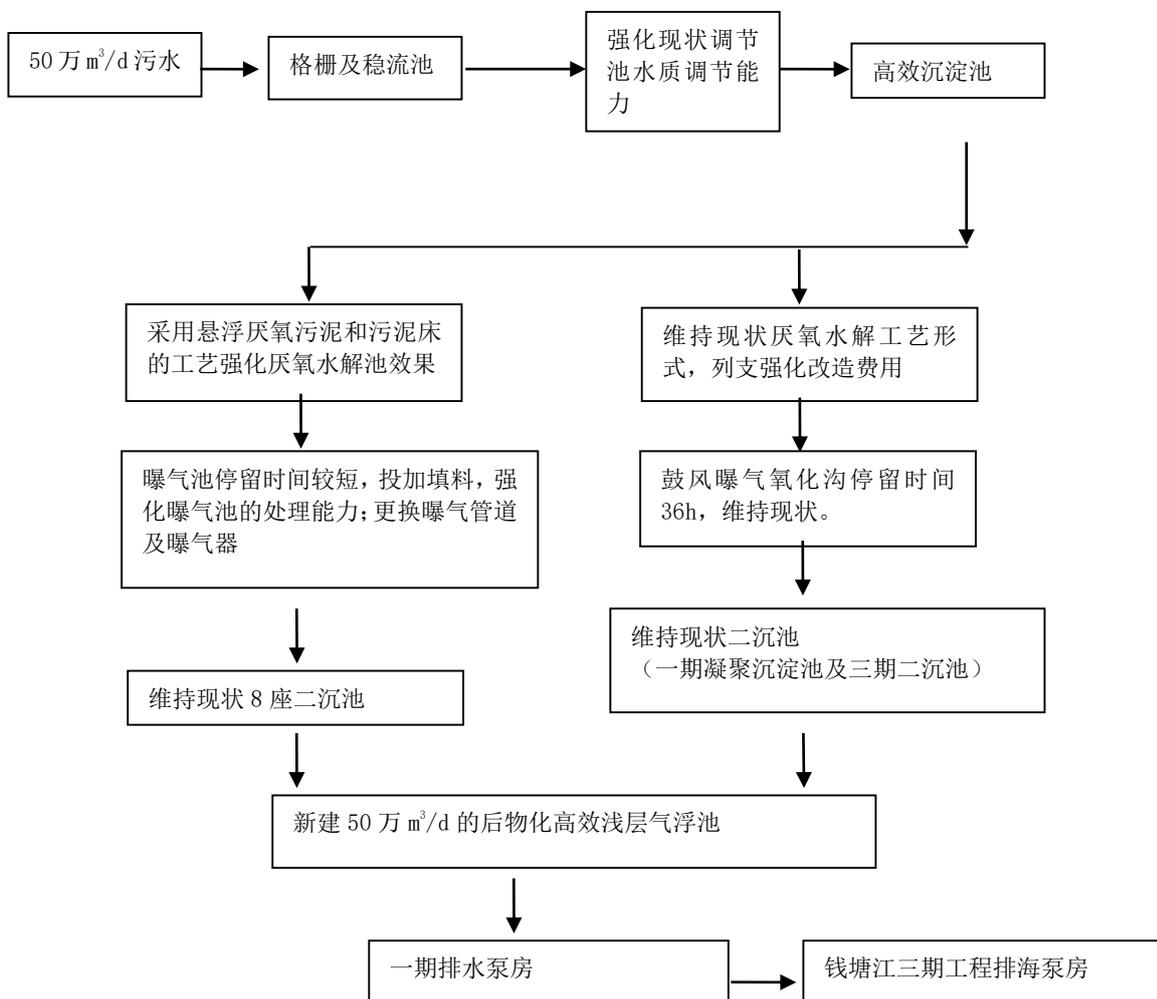


图 A.4-1 一三期工艺流程方框图

(2) 二期工艺流程

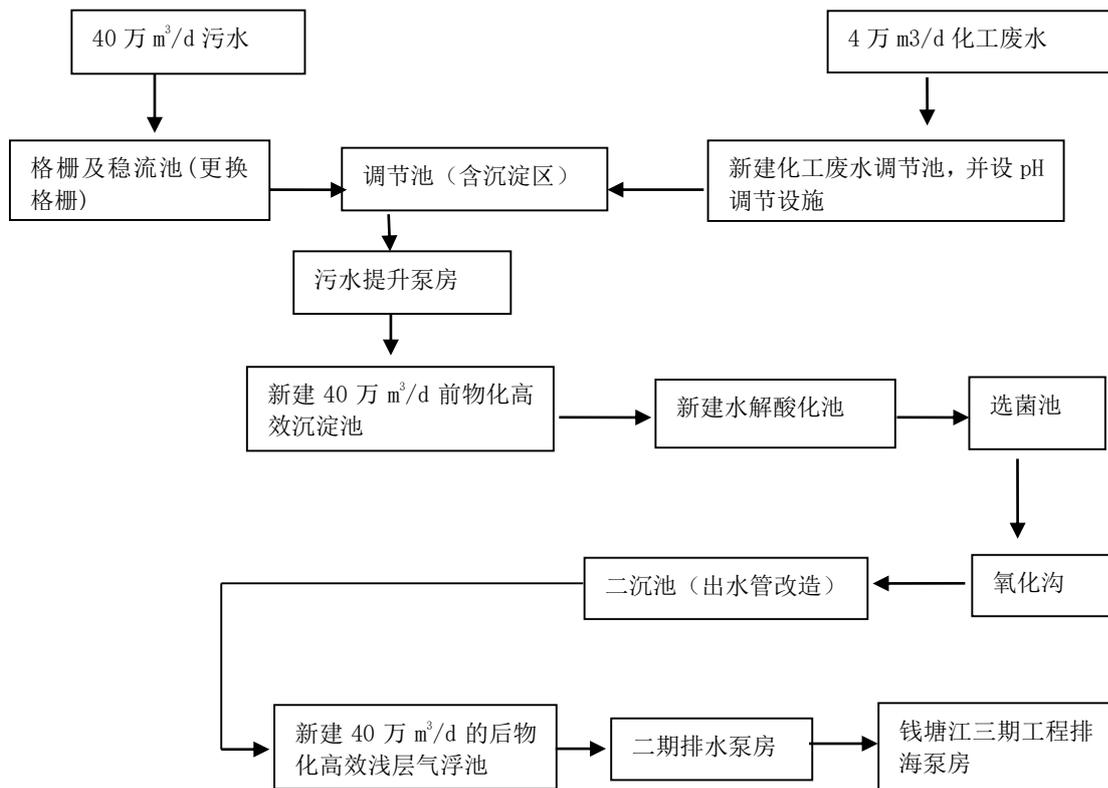


图 A.4-2 二期工艺流程方框图

6. 工艺设计要点、设计参数

(1) 一三期工程

1) 工程内容

高效浅层气浮池 20 座，单座直径 16m，有效水深 1.0m。

每 4 座合建一座储泥池，储泥池平面尺寸 2-5.0×4.6m，有效水深 2.25m。

2) 设计参数

设计流量 20833m³/h。

单座表面负荷 5.18m³/m².h;

上升流速 1.4mm/s;

停留时间 11.6min;

溶气水回流比 30%。

(2) 二期工程

1) 工程内容

高效浅层气浮池 16 座，单座直径 16m，有效水深 1.0m。

每 4 座合建一座储泥池，储泥池平面尺寸 2-5.0×4.6m，有效水深 2.25m。

2) 设计参数

设计流量 16667m³/h。

单座表面负荷 5.18m³/m².h;

上升流速 1.4mm/s;

停留时间 11.6min;

溶气水回流比 30%

7. 关键设备

(1) 一三期工程

回流水泵，18 台，16 用 2 备，Q=270m³/h,H=50m，N=55kw;

空压机，3 台，2 用 1 备，Q=5m³/min,P=1.0Mpa ,N=30kw;

储气罐，2 台，V=5m³,P=1.0Mpa;

螺杆泵，8 台，4 用 4 备，Q=39.5m³/h，H=0.2MPa，N=7.5kw;

潜污泵，8 台，4 用 4 备，Q=35m³/h，H=23m，N=4kw;

双曲面搅拌机，4 台，叶轮直径 2m,N=3kw。

(1) 二期工程

回流水泵，22 台，20 用 2 备，Q=270m³/h,H=50m，N=55kw;

空压机，3 台，2 用 1 备，Q=5m³/min,P=1.0Mpa ,N=30kw;

储气罐，2台， $V=5\text{m}^3$, $P=1.0\text{Mpa}$;

螺杆泵，10台，5用5备， $Q=39.5\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=0.2\text{MPa}$ ， $N=7.5\text{kw}$;

潜污泵，10台，5用5备， $Q=35\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=23\text{m}$ ， $N=4\text{kw}$;

双曲面搅拌机，5台，叶轮直径 2m , $N=3\text{kw}$ 。

8.工程投资和运行成本

污水处理提标改造建设项目中 40 万 m^3/d 规模的气浮单元工程费用为 3567.13 万元，折合每立方米污水工程费用 90 元。

气浮单元的能耗主要为药剂和电。投加的药剂有碱液最大投加量为 500mg/L 、聚合硫酸铝最大投加量 1500mg/L 、PAM 助凝剂 2mg/L ，总的加药成本为 $1.01\text{元}/\text{m}^3$ 水。

电耗主要为气浮进水提升泵和回流泵所用电耗，平均电耗为 $0.09113\text{kw}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ 水。

案例五 厦门市筭筭污水处理厂三期工程

1. 工程建设单位和建设地点

建设单位：厦门水务集团有限公司

建设地点：厦门市筭筭污水处理厂内

2. 工程规模及主体工艺

厦门筭筭污水处理厂原为厦门第二污水处理厂，1996 年建成投入运行，2004 年至 2006 年扩建改造，2008 年 9 月接纳废除的厦门市污水处理厂污水及湖里寨上区域污水，并更名为筭筭污水处理厂。筭筭污水处理厂处理一二期工艺采用组合式高效沉淀池+前置反硝化生物滤池工艺，出水达到 GB18918-2002 中的一级 B 标准，处理出水排入厦门西海域。

三期工程为全厂提标改造工程，设计规模 30 万 m³/d，于 2019 年建成投入运行，提标后出水执行 GB18918-2002 中的一级 A 标准。三期工程深度处理的主体工艺采用后置反硝化生物滤池+高速气浮池工艺。

3. 设计进出水水质

筭筭污水处理厂一二期设计进出水水质如下：

表 A.5-1 三期生物滤池+高速气浮池设计进出水水质如下：

水质指标	COD _{cr}	BOD ₅	SS	TN	TP
三期设计进水水质 (mg/L)	60	20	20	30	1.5
三期设计出水水质 (mg/L)	50	10	10	15	0.5

4. 工艺流程

三期工程深度处理的主体工艺流程如下：

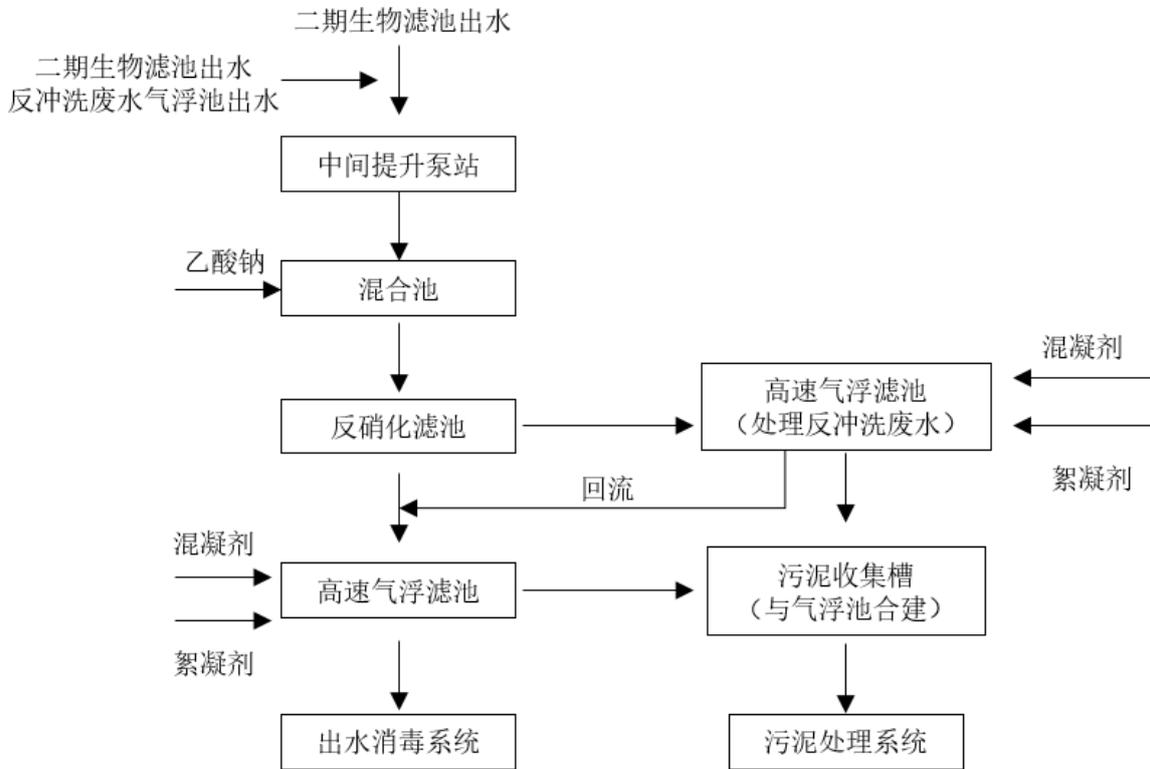


图 A.5-1 工艺流程示意图

二期生物滤池的出水和滤池反洗废水系统出水进入中间提升泵站，然后提升至混合池。

在混合池内，待处理的污水与外加碳源乙酸钠混合后进入反硝化生物滤池。在反硝化菌的作用下，污水中的硝酸盐与亚硝酸盐被还原为氮气从水中释出，污水中的 TN 得以大幅降低。生物滤池出水流入高速气浮池，污水中的磷酸盐与混凝剂氯化铁反应生成磷酸铁沉淀，并最终与气浮污泥的形式与水分离，从而达到化学除磷的效果。气浮池出水经汇总后进入后续消毒处理，产生的污泥排至污泥收集槽，经污泥泵送至污泥处理系统。

生物滤池反冲洗过程中产生的废水经反冲洗废水贮池送至反冲洗废水

高速气浮池，去除反冲洗废水中的悬浮物。处理后的反冲洗废水经泵回流至主工艺高速气浮池，产生的污泥排至污泥收集槽，并经污泥泵送至污泥处理系统。

高速气浮池工艺用于去除 **SS** 和 **TP**。该工艺集混凝，絮凝和气浮于一体，整个工艺过程在一个小型单元中完成。高速气浮池主体结构如下图所示：

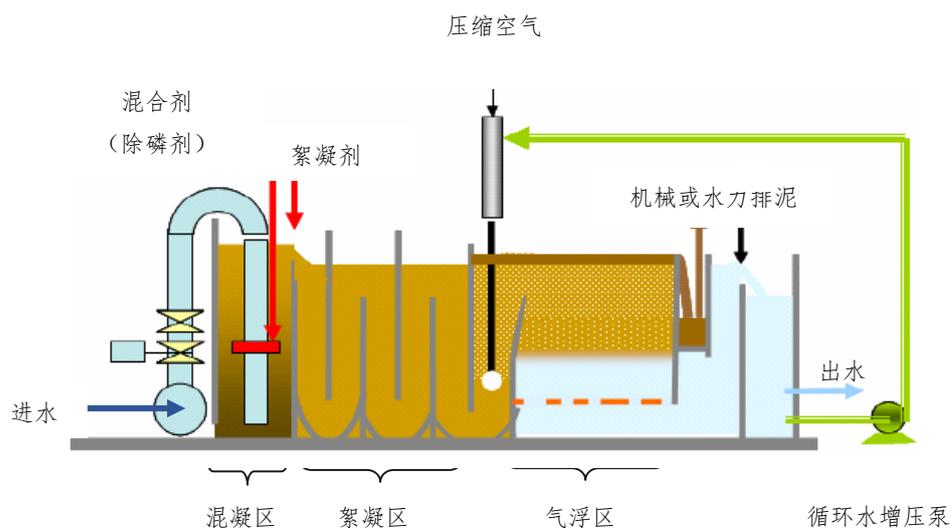


图 A.5-2 高速气浮池结构示意图

混凝区内，进水与混凝剂通过管道混合器混合，并在混凝区内进行水力扩散，进水中胶体颗粒脱稳。水力絮凝区内，脱稳后的颗粒与絮凝剂形成矾花。形成矾花的水再进入气浮区，矾花附着在微气泡上，并被气泡带到水面。澄清水流过多孔集水板后，通过出水堰进入出水渠。多孔集水板采用不均匀开孔设计，沿出水方向，开孔率逐渐变小，以保证集水板的均匀收水。

气浮所需要的微气泡由空气饱和加压循环水在释压过程中产生。循环水利用气浮出水，通过循环泵加压后，在压力溶气罐中与空气反应形成气水饱和液。释压过程通过一个固定在集流管上的溶气释放头完成，能产生大量的直径约为 $40\ \mu\text{m}$ 的微型气泡。该集流管位于气浮阶段的入口处。

气浮池内漂浮的杂质集聚到水面上，形成污泥层，通过机械刮泥系统或水力排泥方式将集聚的污泥推入到污泥收集槽。

与传统气浮工艺相比，高速气浮池的气浮速度更快、絮凝时间更短，从而减少占地面积及工程投资。

5. 主要设计参数

气浮池设计流量：20,506m³/h

气浮池数量：8 座

单池气浮区面积：90 m²

接触区顶部上升流速：35.5 mm/s

接触区底部上升流速：59.3 mm/s

气浮区最大水力负荷：28.5 m³/m²/h

循环水回流比：10%

汽水比：11%（注）

注：汽水比指压缩空气与气浮加压系统回流量的比值。

6. 主要设备

自清洗过滤器：数量 8 台；

溶气循环水泵：数量 10 台（8 用 2 备），单台流量 257m³/h，扬程 7 bar；

溶气水加压罐：数量 8 台，罐体直径 1,250 m，服务压力 6 bar；

溶气释放头：数量约 1418 个，单个流量 1.45m³/h；

刮泥机：16 台，单台宽度 7.5m；

污泥泵：10 台（8 用 2 备），单台流量 30m³/h，扬程 1.5 bar。

溶气循环水泵采用变频控制，操作人员可根据出水水质对溶气水泵进行适当调整。气浮池清水区内设液位开关以保护溶气水泵的正常运行。

本项目设置刮泥机用于机械排泥，排泥浓度约为 15 gDS/L，采用螺杆泵输送至污泥脱水系统。

7. 工程投资和运行成本

笕笕污水处理厂三期工程的总体工程费用约为 26,000 万元，包括二次提升泵房、后置反硝化滤池、高速气浮池、消毒接触池、反洗废水气浮池、加药系统以及原系统的改造工作等。

三期工程的总运行费用约为 0.7 元/吨水。其中气浮单元的运行消耗主要为药剂和电。气浮池投加的药剂三氯化铁投加量为 35~60 mg/L、高分子聚合物投加量 0.3~0.5 mg/L，加药成本为 0.12 元/m³ 水。电耗主要为气浮增压离心泵、刮泥机所用电耗，平均电耗为 0.047 kw·h/m³ 水。

案例六 利济南乳业有限责任公司乳制品废水处理项目

1.工程类别

工业废水

2.工程建设单位和建设地点

伊利济南乳业有限责任公司，济南市平阴县G220(旧)与玫苑路交叉口往南约50米

3.工程规模：

7200 m³/d,

气浮单元进出水水质：

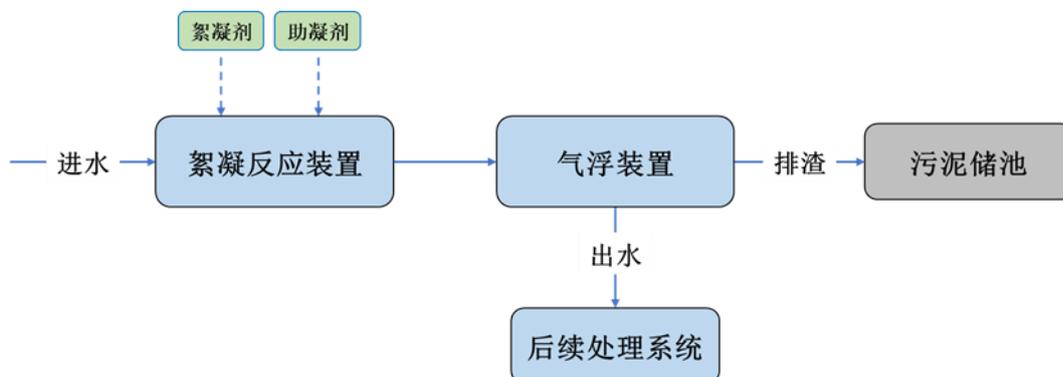
单位：mg/L

项目	TP	SS	浊度 (NTU)	COD _{Cr}
进水水质	/	600	/	/
出水水质	/	60	/	/

4.气浮方法：

溶气气浮法（加压溶气气浮）。

工艺流程：



工艺设计要点、设计参数：

项目	参数	单位
单台处理水量	3600	m ³ /d
絮凝反应时间	6.5	min
回流比	30.00%	/
接触室停留时间	2	min
分离区停留时间	16	min
水力表面负荷	10.00	m ³ /(m ² ·h)
气浮池停留时间	18.00	min

关键设备：高效溶气气浮

显著优势：

- 气泡小：气泡粒径小于 10 μ m，而传统气浮约 50 μ m
- 效率高：溶释气效率高达 95%以上，而传统气浮约 80%
- 占地省：表面水力负荷可达 10m³/（m².H）
- 产泥少：浮渣含固率大于 2%，而传统气浮约 0.5%，产泥量减少 4 倍以上
- 效果好：出水固体悬浮物含量可低于 20mg/L
- 一键启动，无人值守，可实现云数字化服务

5.施工与验收：

同“案例三”。

6.运行管理：

同“案例三”。

7.工程（气浮单元）投资和运行成本

项目	元/吨	备注
工程（气浮单元）投资	200	设备材质：不锈钢材质
吨水直接运行成本	0.40	药剂费用+电费

案例七 福鼎市自来水有限公司小白鹭供水站供水项目

1. 建设单位和地点

建设单位：福鼎市自来水有限公司

建设地点：福鼎市小白鹭村

2. 工程规模

两套一体化陶瓷膜净水设备，每套设计规模为 120 m³/d，总设计量为 240m³/d。

3. 设计水质

(1) 原水水质

水厂水源取自水库，水质为V类水，原水耗氧量(COD_{Mn})为 5.0-7.0mg/L，色度 20-50，嗅和味 1-3 级，氨氮 0.2-0.65mg/L，铁离子含量为 1.5-3.2mg/L，锰离子含量为 0.9-4.8mg/L。

(2) 出水水质

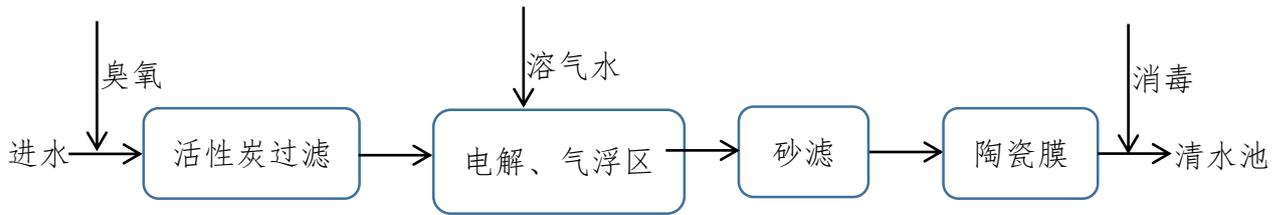
满足《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)和《城市供水水质标准》(CJ/T206-2005)的要求，其中出水浊度指标不高于 0.1NTU。

4. 气浮方法

本工程采用电解气浮法。

采用电极电解原水，对原水中的胶体、有机物进行絮凝成团；利用电解产生的微气泡结合气浮溶气装置的微气泡，使其粘附于絮凝粒上，减小絮体的比重，从而实现絮粒迅速、强制性上浮。出水浊度低，并省略了投加絮凝剂的环节。

5. 工艺流程



本工程净水工艺包括预处理、常规处理、深度处理。

预处理：臭氧预氧化。

常规处理：电解气浮池+砂滤。

深度处理：超滤（陶瓷膜）。

6. 设计参数

单格气浮池的主要设计参数：

设计流量：5m³/h

电解絮凝反应时间：10min

气浮池停留时间：20min

回流比：20%

溶气压力：0.5MPa

7. 关键设备

(1) 电絮凝：

电极表面释放出的微小气泡加速了颗粒的碰撞形成絮体，并根据密度的大小实现上浮或下沉分离，有效地去除水中悬浮物和胶体化合物。同时阳极表面的直接电氧化作用和 Cl⁻转化成活性氯的间接电氧化作用对水中溶解性有机物和还原性无机物有很强的氧化性，不仅可以有效去除水中的胶体，降低其浊度和色度，还可以去除水中的藻类、微生物、铁、锰、有机物等。

(2) 溶气循环水泵：1 台， $Q=1\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=61\text{m}$ ；

(3) 溶气罐：1 个；

(4) 释放器：1 套，材质 304 不锈钢。

8. 运行效果

气浮工艺投入运行以来，运行效果良好，保证各项指标达到《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006），并确保出水浊度稳定控制在 0.1NTU 以下。

9. 工程投资和运行成本

电解气浮投资成本在 10 万元/套；运行成本约为 0.15 元/吨水，主要为电絮凝、溶气泵、刮泥机的电耗。

案例八 台州城市水务压滤滤液处理项目

1. 建设单位和地点

建设单位：台州城市水务有限公司

建设地点：台州市路桥区螺洋东路

2. 工程规模

本工程为城市自来水厂污泥脱水尾水处理工程。设计规模为 600m³/d，气浮设备为 2 套，一用一备。

3. 设计水质

本工程的原水为城市自来水厂污泥经板框压滤机脱水过程中产生的滤液废水。由于滤液尾水中的污染物指标未能达到排放标准，对环境造成一定污染。因此需要经处理后达标排放。

水质指标

单位：mg/L

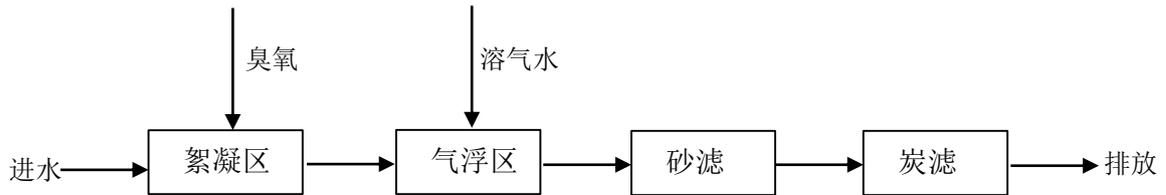
指标	COD _{cr}	氨氮	锰	丙烯酰胺
进水	200	3.5	2	0.015
出水	60	1.5	0.1	0.0005

4. 气浮方法

本工程采用溶气气浮法。

气浮过程是依靠微气泡粘附于悬浮微粒上，将其迅速、强制性上浮，提高了固液分离的一种工艺。

5. 工艺流程



向原水中投加臭氧除锰及去除有机物，通过气浮装置大量去除水中悬浮物、氨氮和 COD_{cr} ，随后进入砂滤过滤罐去除绝大部分悬浮物，利用活性炭滤床形成生物膜，去除氨氮和吸附其他杂质。

6. 设计参数

单格气浮池主要设计参数：

设计流量：25m³/h

一级絮凝区

反应时间：8min。

有效容积：3.75m³。

水池尺寸：1.5m*1.5m*2m。

二级絮凝区

反应时间：8min。

有效容积：3.75m³。

水池尺寸：1.5m*1.5m*2m。

气浮区

有效容积：10.35m³。

溶气压力水循环：30%

停留时间：24.8min

7. 关键设备

(1) 溶气罐：2 台

溶气压力控制在 0.5 MPa 左右。

(2) 溶气循环泵：2 台， $Q=8\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=58\text{m}$ ， $W=2.2\text{KW}$

(3) 释放器：6 套，材质不锈钢 304。

8. 工程投资和运行成本

项目	元/吨	备注
工程（气浮单元）投资	300	土建费用及设备
直接运行成本	0.20	药剂费用+电费