

# 《污水气浮处理工程技术规范》（征求意见稿） 编制说明

《污水气浮处理工程技术规范》编制组

二〇〇八年

# 目 次

1	标准制定工作概述.....	2
1.1	制定本标准的必要性.....	2
1.2	任务来源和工作过程.....	2
1.3	法律和技术依据.....	2
1.4	编制原则.....	3
2	气浮工艺的应用及研究现状.....	3
2.1	气浮工艺应用范围和使用条件.....	4
2.2	气浮工艺应用的类型、形式.....	4
2.3	气浮工艺的应用.....	4
2.4	工程应用实例.....	5
2.5	气浮工艺存在的主要问题.....	6
2.6	国内外的研究现状.....	6
3	规范的主要内容说明.....	7
3.1	气浮工艺类型.....	7
3.2	气浮工艺的适用性.....	7
3.3	设计流量和设计水质.....	7
3.4	预处理的选择.....	8
3.5	气浮工艺设计参数.....	8
3.6	气浮工艺设计.....	8
3.7	检测与控制.....	8
3.8	施工与验收.....	8
3.9	运行与维护.....	9
4	与现行法律法规及其它标准的关系.....	9
5	实施本标准的管理措施建议.....	9

## 1 标准制定工作概述

### 1.1 制定本标准的必要性

环境保护标准化是我国环境保护的一项重要发展战略，建立与国际接轨的环境工程服务技术标准体系和环境技术评估体系，是当前加快环境保护标准化步伐的一项重要任务。它对于提升我国环境工程服务业的国际竞争能力，规范环境工程服务业市场，保证环境工程建设和运行管理质量，为环境管理提供技术支撑和保障具有重要意义。

环境工程服务技术标准包括工程类技术标准和产品类技术标准两个大类，是环境工程立项、科研、招投标、设计、建设施工、验收、运行全过程服务的技术依据。我国的气浮技术在污水处理中已得到广泛的应用。目前，“室外排水设计规范”（GB50014-2006）与“室外给水设计规范”（GB50013-2006）均无有关气浮设计的有关规定和要求。在我国环境服务业领域气浮工艺设计标准化工作更是一个薄弱环节。气浮工艺在环境工程领域如石油、化工、造纸、制革、纺织印染、化纤、机械加工、电镀及表面处理、等行业的污染治理及物料回收方面表现出独特的优点，某些情况下甚至是无可取代的一项工艺，例如乳化液的油水分离、造纸制浆、纺织纤维的回收、表面活性剂的去除、有毒有害物的氧化还原等。但气浮污水处理工艺迄今仍未有一个设计规范、验收标准和运行规程。目前，各环境工程设计单位和设备制造商应用给水处理相关参数或根据经验设计，由于对不同特性污水采用气浮处理的适应性、针对性了解不够；对气浮技术工艺掌握的深度、角度不同，设计工作出现了不少偏差，运行管理上产生了一些问题。造成处理效率低、使用范围不合理、应用条件不合理等后果。

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》和国际上有关污水处理领域的法规接轨，规范污水水气浮处理工程的设计、施工、验收和运行管理，需要制定《污水气浮处理工程技术规范》，为污水气浮处理技术工程的设计工作提供指导性文件，为气浮设备的制作（或施工）、验收和运行管理提出相关要求。

因此，《污水气浮处理工程技术规范》的编制是十分必要和及时的。

### 1.2 任务来源和工作过程

国家环境保护标准“十一五”规划指出，用5年的时间，基本建立起我国环境工程技术规范标准体系，提升我国环境工程技术标准化及管理水平。到2008年，基本完成基础规范、通用技术规范、工艺方法类规范的编制工作，到2015年基本完成重点行业污染治理工程技术规范，逐步建立中国最佳可行技术体系。

2005年国家环境总局下达了环境工程技术规范的编制任务，由江苏省环境科学研究院和东南大学作为第一编制单位承担《污水气浮处理工程技术规范》标准的研究、编制任务，参编单位还有江苏鹏鹞环境工程设计院、扬州澄露环境工程有限公司。本标准列入2007年国家环境总局国家环境标准制修订项目，下达计划文件为《2007年国家环境保护标准制修订项目计划》（国质检财函[2007]971号）。

编制工作从国内外相关标准和文献的资料调研开始，对国内外气浮工艺相关的规范、技术资料 and 工程实例进行了广泛的调研，编制了开题报告和编制大纲。2007年11月2日，国家环境保护总局科技标准司在南京主持召开开题论证会，与会专家认为开题报告内容详实、技术路线可行、符合技术规范开题的相关要求，同意开题。2008年3月，形成了规范初稿，经专家函审、修改后，于2008年4月由江苏省环境科学研究院在南京组织召开初稿讨论会。会后，按照专家意见，反复修改，于2008年10月形成征求意见稿和编制说明。

### 1.3 法律和技术依据

本标准的编制以国家环境保护现有法律、法规、标准为主要依据，同时参考水处理行业其他相关的技术规范和设计手册，结合国内外有关气浮工艺建设运行的文献以及调研取得的国内气浮工艺运行情况数据资料，总结编制了本标准。

其中涉及的标准主要有：

GB 3096	城市区域环境噪声标准
GB 3544	造纸工业水污染物排放标准
GB 4287	纺织染整工业水污染物排放标准
GB 8978	污水综合排放标准
GB 12348	工业企业厂界噪声标准
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	城镇污水处理厂污染物排放标准
GB 50013-2006	室外给水设计规范
GB 50014-2006	室外排水设计规范
GB 50069-2002	给水排水工程构筑物结构设计规范
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
GB 50335-2002	污水再利用工程设计规范
GBJ 16	建筑设计防火规范
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	工业场所有害因素职业接触限值
CJJ 60	城市污水处理厂运行、维护及其安全技术规程
CJ/T 51	城市污水水质检验方法标准
JGJ 37	民用建筑设计通则
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）
JGJ 37	民用建筑设计通则

#### 1.4 编制原则

本标准编制遵循以下主要原则：

1) 实践性原则。分析总结气浮法运用于污水处理工程实践经验和存在问题，按照工程技术规范编制总原则的要求，确定规范的结构和内容。

2) 完整性原则。根据环境工程技术规范应服务于环境管理、工程设计、验收与运行管理的要求，规范的内容应包括工艺方法、工艺设计、运行管理等主要技术要求的内容，基本覆盖气浮工艺。

3) 科学性原则。规范的工艺方法分类科学、层次清晰、结构合理，并具有一定的可分解性和可扩展空间。

4) 先进实用与可操作性原则。规范的主要内容应既代表了当前的先进水平，又应以大量的工程实践为基础，突出技术要求的针对性和科学合理性，以便于工程应用。

## 2 气浮工艺的应用及研究现状

气浮工艺是国内外正在深入研究与不断推广的一种水处理新技术。其基本原理是通过某种方法产生大量的微小气泡，使其与污水中污染物微粒粘附，形成密度小于水的带气絮体，在浮力的作用下，上浮至水面完成固液或液液分离。与沉淀法相比，气浮法的优点主要有：可处理密度小、浓度高的细小悬浮物及疏水性物质，分离效率高，出水水质好；表面负荷高，占地省；处理速度快，停留时间短；泥渣浓度高，含水率低。

## 2.1 气浮工艺应用范围和使用条件

气浮工艺主要应用于从污水中去除比重较小的微细悬浮颗粒，如乳化油、羊毛脂、细小纤维、纸浆、微生物和其它低密度固（液）体等，并可用于污泥的浓缩。

气浮工艺的使用条件：气浮用于去除呈悬浮态或具有疏水性的污染物的分离。对于亲水性颗粒（如胶体颗粒、乳化油珠、纸浆纤维、煤粉、重金属离子等），需投加合适的混凝剂或破乳剂，以改变颗粒的表面性质。气浮工艺的进水一般要投加混凝剂完成颗粒电中和和粘附架桥作用，使亲水性物质疏水化。只有不溶性悬浮颗粒或疏水性物质，才能粘附微气泡形成絮凝体，从水中分离。因此，混凝（或破乳）通常是气浮处理的先决条件。

气浮工艺泥渣含水率低，需用刮泥设备才能排除。气浮过程应有产生微气泡的装置，如溶气罐、释放器或电解设备、真空设备、吸气搅拌破碎设备等。

## 2.2 气浮工艺应用的类型、形式

根据气泡产生的方式不同，气浮法主要有电解气浮法、散气气浮法和溶气气浮法等。其中，溶气气浮法中的加压溶气气浮法目前国内外应用最广泛。

电解气浮法：在直流电的作用下，用不溶性阳极和阴极直接电解污水，正、负两极产生的氢和氧的微气泡，将污水中呈悬浮态的污染物带至水面完成固液分离。电解气浮法同时完成氧化还原反应，因此，有降低COD、氧化有害物质、脱去色度物质等功能。当采用可溶性阳极（如Fe、Al等）时，同时具有氧化还原和化学反应的作用。电解气浮法适用于原水盐含量较高、污水导电性好、有机物浓度高及含有毒有害的污水处理。

散气气浮法：利用机械的剪切力，将通入水中的空气破碎成微小气泡进行气浮的方法。因气泡破碎方式的不同，此法又分为扩散板散气气浮法和叶轮散气气浮法等。其中，叶轮气浮法应用较多。

溶气气浮法：在一定压力作用下，强制空气溶解于水中，然后再突然将压力降低，使溶于水的过量气体以微气泡形式释放出来，借助气泡的浮力把黏附在其表面的固体微粒带到水面，从而达到与水分离的目的。

根据气泡析出时所处压力不同，溶气气浮又可分为：加压溶气气浮和溶气真空气浮两种类型。前者，空气在加压条件溶入水中，而在常压下析出；后者是空气在常压或加压条件下融入水中，而在负压条件下析出。加压溶气气浮是国内外最常用的气浮法。

溶气气浮法与前二者方法相比具有以下优点：水中的空气溶解度大，能提供足够的微气泡，可满足不同要求的固液分离，确保了气浮效果。经减压释放后产生的气泡粒径小，粒度均匀，密集度大，上浮稳定，对污水扰动较小，特别适用于疏松絮粒、细小微粒的固液分离。

气浮过程包括气固接触、固液分离、泥渣清除、出水收集及液位控制。

## 2.3 气浮工艺的应用

20世纪60和70年代，由于微气泡制造技术的产生和提高，在污水处理领域，气浮法得到迅速发展。到90年代，气浮技术已广泛地应用到全世界各个国家和地区，在受污染水源以及化工、化纤、炼油、造纸、皮革、印染、毛纺、机械加工、电镀表面处理等工业废水

的净化处理方面，均取得了良好的效果。

从气浮工艺的类型和形式上看，电解法产生的气泡细小，气浮效率高，常用于去除分散悬浮固体和乳化油，如钢厂酸洗废水及机械加工切削液废水中悬浮固体和油分、电镀含铬废水中 $C_r(VI)$ 的还原、精细化工废水中复杂结构有机物（农药、染料）等的氧化、印染废水脱色。

散气气浮法能耗低，无需辅助溶气装置。其中叶轮气浮应用较多，效率相对较高。该法产生的气泡直径较大，对水体扰动较大，被广泛用于对分离效果要求较低的矿物浮选，食油脂、羊毛等废水的分级处理，含大量表面活性剂废水的泡沫分离处理等方面。

溶气气浮中真空气浮由于设备密封性要求严格、释气管较小，在实际生产中应用不多。溶气气浮法中应用较多的是加压溶气气浮法，该法适用于含悬浮物浓度高的污水的固液分离及各个工业领域污水的处理。加压溶气气浮的溶气设备需设自动控制装置，释放器的精密度对释出气泡的大小影响较大。

## 2.4 工程应用实例

### 1) 湖南省三湘客车集团有限公司生产废污水处理工程

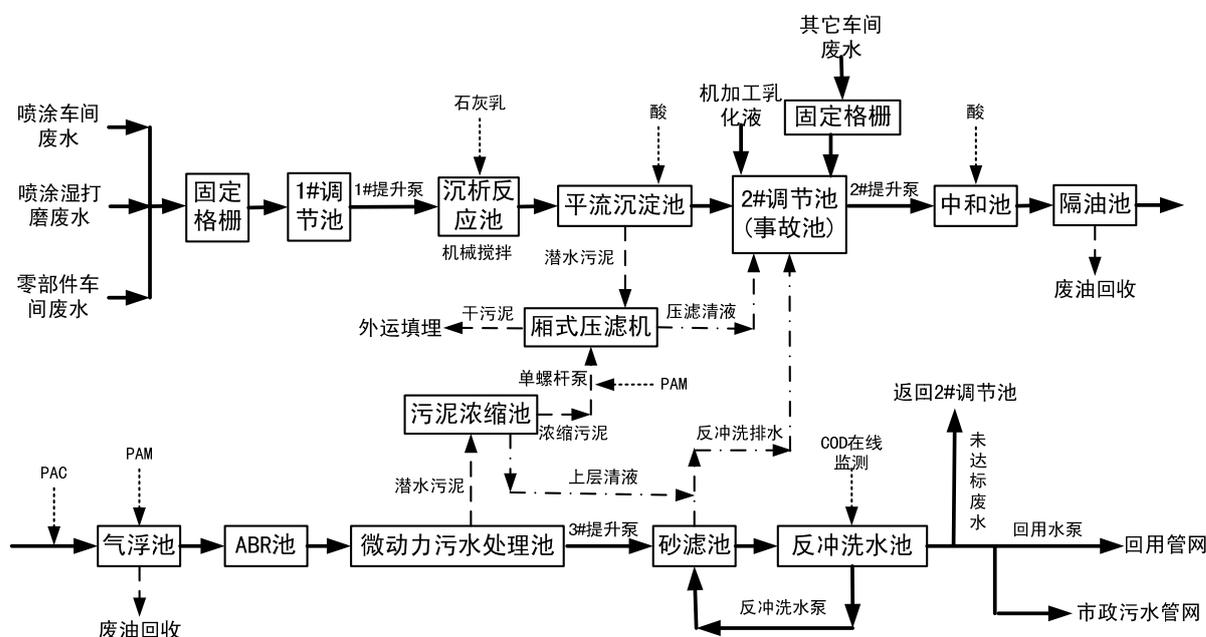


图1 湖南省三湘客车集团有限公司生产废污水处理工艺流程图

湖南省三湘客车集团有限公司生产废水综合处理站（设计规模为  $164m^3/d$ ）。设计每天运行 16 小时，处理水量为  $10.25m^3/h$ 。

生产废水处理工艺选择分质预处理（喷涂车间废水、喷涂湿打磨废水及零部件车间废水）+混合调节+混凝气浮+厌氧（ABR）+好氧（微动力污水处理装置）+砂滤联合处理工艺，处理后达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准。

气浮工艺参数：气浮池尺寸 $5m \times 1m \times 2.5m$ ；

分离室有效池容 $6.0m^3$ ，表面负荷 $=3.4m^3/(m^2 \cdot h)$ ，停留时间 $HRT=35min$ ；

接触室有效池容 $1.2m^3$ ，接触时间 $7min$ ，溶气水回流比 $30\%$ ；

反应室有效池容 $2.0m^3$ ，反应时间 $T=11.5min$ 。

### 2) 张家港江苏欧桥精纺集团公司印染废水处理站

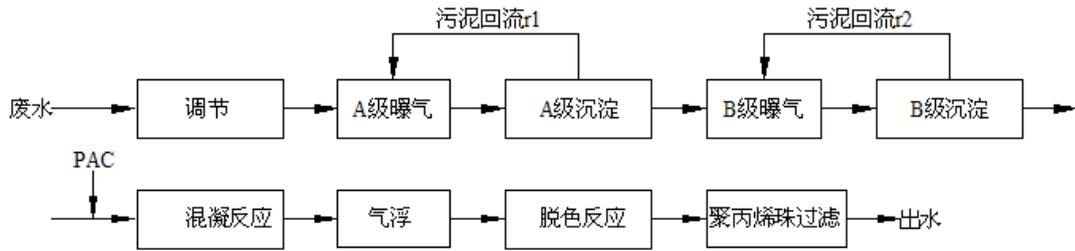


图2 张家港江苏欧桥精纺集团公司印染废水处理工艺流程图

张家港江苏欧桥精纺集团公司印染废水处理站处理水量为800m<sup>3</sup>/d，采用AB工艺+混凝气浮+聚丙烯珠过滤，A段沉淀污泥全部回流，完成进水有机物吸附，B段完成有机物降解，处理效率好，出水稳定达标，全部回用。

气浮工艺参数：气浮池尺寸5m×3.5m×3.5m；HRT=25min，表面负荷=2.0m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h)。反应室容积11 m<sup>3</sup>，反应时间20min。

## 2.5 气浮工艺存在的主要问题

电解气浮法存在着耗电高，可溶性电极金属消耗量大，以及电极易钝化等问题。

散气（叶轮）气浮法使用简单，但该法产生的气泡较大，分离效果不佳，对机械叶轮的加工精度要求也较高。

溶气真空气浮在负压条件下运行，构造复杂，运行和维修困难较多。

加压溶气气浮应用广泛，其主要问题主要发生在溶气方式及组成工艺设备上，加压溶气气浮主要由空气溶解设备、空气释放设备和气浮池等组成。主要问题有：

1) 溶气方式：可分为三种，即水泵吸气式；压水管射流吸气式；空压机供气式。水泵吸气式直接由吸水管吸气，其吸气量较难控制，水泵挟气运行不稳定等，工作效率低。射流吸气系统吸气时射流器内气液接触时间太短，溶气量小，效率低，能耗较高。空压机供气方式是应用最广泛的，该法的缺点是：除产生噪声和油污染外，对自控要求高。

2) 空气溶解设备：溶气罐：填充填料可提高溶气速率，但填料易堵塞，特别是对含悬浮物浓度较高的废水。

3) 空气释放设备：减压阀：释放出的气泡尺寸较大且不均匀；当管道较长，则气泡并大现象严重，从而影响气浮效果。专用释放器（TS型、TV型等）：存在堵塞现象，需研究自动冲洗方式或无堵塞释放器。

4) 气浮池：平流式气浮池缺点是分离区容积利用率不高；竖流式的缺点是构造比较复杂。

## 2.6 国内外的研究现状

我国从70年代初开始气浮法水处理技术的研究，同济大学曾对气浮净水机理，溶气及释气机理，共聚气浮等理论问题进行了探索研究，并取得了一些突破性进展，为气浮法水处理技术在我国的应用奠定了基础。在20世纪80年代，气浮分离技术被列入美国十大化工新技术之一，并开展了利用气浮技术去除微生物、分离蛋白质、回收塑料、净化土壤等方面的研究。在废水处理理论上也有所突破，Valsaraj小组对溶剂气浮的前景特别是水处理方面作了评价。Palagyi研究了溶剂气浮萃取动力学，为溶剂气浮的应用提供了理论指导。

气浮法涉及气、液、固三相体系的物理化学过程，应充分关注气浮过程的热力学、动力学、表面化学的相关原理。在应用方面，工业废水及污泥的气浮分离处理缺乏科学的设计规范。在气浮设备设计，研制产生稳定的超微细气泡的高效溶气释放器、直接产生微气

泡的气浮设备的研究是今后的发展趋势。

### 3 规范的主要内容说明

本标准包括正文和附录两部分，其中正文部分共分十章，包括规范的适用范围、规范性引用文件、术语和定义、一般规定、气浮工艺设计参数、气浮工艺设计、检测与控制、电气系统、施工与验收、运行与维护。附录为规范性附录。下面就规范中的几个主要方面作说明。

#### 3.1 气浮工艺类型

气浮工艺的主要类型有电解气浮、散气气浮、溶气气浮等。

电解气浮法是将正负相间的多组电极浸没在废水中，当通以直流电时，污水电解，正负两极间产生细微气泡粘附于悬浮物上，将其带至水面而分离。

叶轮气浮是一种散气气浮，它由电机驱动叶轮高速旋转，在叶轮中心形成负压，从空气管吸入空气。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体，粘附水中悬浮物完成固液分离，又经整流板稳流后，在池体内平稳地垂直上升，进行气浮。

加压溶气气浮法，是使空气在加压的条件下溶解于水，然后通过急速减压而使过饱和的空气以细微气泡形式释放出来完成气浮。其基本工艺流程有全溶气流程、部分溶气流程和回流加压溶气流程3种。根据气泡析出时所处的压力不同，溶气气浮又可分为：真空气浮和加压溶气气浮两种。前者是创造负压条件使溶入水中的空气完成气浮；后者是空气在加压条件下溶入水中，急速减压释放，析出气泡而完成气浮。

#### 3.2 气浮工艺的适用性

电解气浮法除用于固液分离外，还有降低COD、氧化、脱色和杀菌作用，对废水负荷变化适应性强，占地少，不产生噪音。电解气浮法，主要用于小水量工业废水处理，对含盐量大、电导率高、含有毒有害污染物的污水处理具有独特的优点。

叶轮气浮适用于处理水量不大，而污染物浓度高的废水，对含表面活性物质较高的工业废水的泡沫分离具有较好的效果。

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。回流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。

#### 3.3 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GB50014-2006中的相应规定。

对于工业废水处理，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，同时由于同一生产线，产品不同产生的废水水量水质均可能差别很大，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，建议气浮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；合流制污水进水、预处理设施按截流污水量设计，并考虑预

处理后溢流。

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。

由于工业废水的情况复杂,因此本规范中建议,以工业废水为主的工程需要做细致的调查研究工作,根据实际情况确定废水水质水量并设置相应的前处理设施。

### 3.4 预处理的选择

#### 3.4.1 规定设置格栅的要求

在污水中混有纤维、木材、塑料制品和纸张等大小不同的杂物,为了防止水泵、处理构筑物的机械设备和管道被磨损或堵塞,使后续处理流程顺利进行,必须设置格栅。格栅的技术要求参照GB50014-2006条文说明6.3格栅的规定。

#### 3.4.2 设置沉砂池的规定

由于污水中含有相当数量的砂粒等杂质,为避免气浮工艺主体处理构筑物 and 机械设备的磨损,减少管渠和处理构筑物内的沉积;防止对后续生物处理系统和污泥处理系统运行的干扰,污水处理厂(站)应设置沉砂池。沉砂池技术要求参照GB50014-2006条文说明6.4沉砂池的规定。

#### 3.4.3 混凝(破乳)反应区(器)的规定

根据原污水分离物质的性质,一般均需设混凝(破乳)反应区(器)。反应搅拌装置以机械搅拌方式为主,并应分级(2~3级)。水力条件控制在速度梯度 $G=80\sim 20$ (1/s)、 $GT=10^4\sim 10^5$ 范围。反应时间与原水性质、混凝剂种类、投加量、反应形式等因素有关,一般为15~30min。为避免打碎絮体,废水经挡板底部进入气浮接触区时的流速应小于0.1m/s。

### 3.5 气浮工艺设计参数

其中包括气浮工艺设计参数的一般规定、电解气浮设计参数、叶轮气浮设计参数、加压溶气气浮设计参数。

### 3.6 气浮工艺设计

电解气浮装置工艺设计包括电极作用表面积、电极板块数、单块极板面积、极板长度、电极室长度、电极室总高度、电极室容积、分离室容积、电解气浮池容积。

叶轮气浮池装置的工艺设计包括气浮池总容积、气浮池总面积、气浮池数(或叶轮数)、叶轮气浮池边长、叶轮吸入的水气混合体量、叶轮转速、叶轮所需功率。

加压溶气气浮池计算包括设计指标、气浮池本体、溶气设备、气浮池集水管、刮泥槽、溶气释放器、刮渣机设计要求。

### 3.7 检测与控制

采用气浮工艺的污水处理工程应参照CJJ60的有关规定,建立完善的检测控制系统,一般检测系统主要包含在线监测、现场监测和实验室检测等组成。为保证设施正常运行和处理效果,及时发现异常现象,应按照污水处理系统运行操作规程规定的检测项目、检测频率和取样点等进行操作和管理。监测项目一般包括水温、pH、浊度、DO、COD、BOD等。

### 3.8 施工与验收

本章节根据国家有关的法律法规和气浮处理设施的特殊性,制定了施工与验收的管理

条例。

### 3.9 运行与维护

气浮工艺基本操作参照污水处理厂（站）的运行管理CJJ60执行。同时根据不同气浮类型运行的特殊性，制定了电解气浮工艺、叶轮气浮工艺、加压溶气气浮工艺的运行控制要求。

### 4 与现行法律法规及其它标准的关系

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

### 5 实施本标准的管理措施建议

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