

DIANLIXITONG
SHUICHULI
PEIXUNJIAOCAI

电力系统水处理 培训教材

火电厂水处理和水分析人员资格考核委员会 组编

全国电力系统水处理专业权威培训教材

- ★ 持证上岗、培训考核必备读物
- ★ 内容紧贴工作实际，突出岗位技能



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

第2版

电力系统水处理

培训教材

中国电力出版社

中国电力出版社

- 中国电力出版社
- 中国电力出版社



中国电力出版社

电力系统水处理

培训教材

火电厂水处理和水分析人员资格考核委员会 组编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

根据火力发电厂水处理生产岗位需持证上岗的要求,由火电厂水处理和水分析资格考核委员会组织编写了《电力系统水处理培训教材》。

本书全面、系统地介绍了火力发电厂生产、科研和设计中遇到的各种水处理方面问题和解决技能。其主要内容包括水源水的性质、水的预处理、除盐工艺、火力发电厂废水处理、凝结水处理、给水处理、炉水处理、蒸汽质量控制和发电机内冷却水的处理与控制等。同时,还提供了国内外最新的水处理动态和科研成果,对解决日常水处理工作中遇到的各种问题将有很大帮助。

本书可作为火力发电厂水处理生产岗位培训教材使用,也可作为电力院校相关专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统水处理培训教材/火电厂水处理和水分析人员资格考核委员会编. —北京:中国电力出版社, 2009

ISBN 978-7-5083-8427-6

I. 电… II. 火… III. 火电厂-电力系统-水处理-技术培训-教材 IV. TM621.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 014036 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 4 月第一版 2009 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.75 印张 457 千字

印数 0001—3000 册 定价 48.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



随着科学的进步，火力发电厂的水处理技术得到了飞速地发展，最近几年颁布了很多相关标准。这些标准汇集了世界各国最新的水处理技术及国内最新的科研成果，使火力发电厂的水处理技术更加系统、合理和完善。为了使读者对有关标准有更深、更准确地理解，本书对有关标准所涉及的各项指标进行了详细地说明。使您在执行标准的过程中，能更加准确地把握标准中规定的各项指标，使您掌管的设备更加安全、经济运行，从而给企业带来更大的经济效益。

本书全面、系统地介绍了在火力发电厂的生产、科研和设计中遇到的各种水处理和防腐、防垢方面的问题。本书内容从原水开始，按照火力发电厂的用水流程对水处理工艺、各种水处理设备在运行中容易出现的问题以及解决方法进行了分类讨论和分析，结合具体实例进行了较为详细地阐述。本书主要介绍了水资源可持续利用的理念和火力发电厂所用的各种水源水的预处理、化学除盐、物理除盐、锅炉给水、炉水、蒸汽、凝结水、发电机内冷却水、循环水和火力发电厂各种废水处理及回用技术。本书由以下人员编写：

第一章	锅炉补给水预处理	许 臻 马东伟
第二章	锅炉补给水的化学除盐	王广珠 许 臻
第三章	反渗透水处理技术	王正江
第四章	发电厂冷却水处理	杨汝周 王应高 吴文龙 孙本达
第五章	火力发电厂废水处理	杨宝红
第六章	凝结水处理	孙本达 韩隶传
第七章	锅炉给水处理	孙本达
第八章	锅炉炉水处理	孙本达
第九章	蒸汽系统积盐	孙本达
第十章	发电机内冷却水处理	孙本达

鉴于目前火力发电厂水处理生产岗位需持证上岗，并已经陆续开展，本书可作为电力系统水处理生产岗位培训教材，对电力院校相关专业的师生具有较高的参考价值。

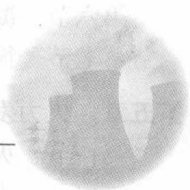
本书的编写是在火力发电厂水处理和水分析人员资格考核委员会的统一安排下进行的，在考核委员领导杜红纲、汪德良和孟玉婵等安排下完成编审校等工作，由于时间有限，错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 12 月

目 录

电力系统水处理培训教材



前言

第一部分 专 业 知 识

第一章 锅炉补给水预处理	1
第一节 混凝澄清处理	1
第二节 常用混凝澄清设备	4
第三节 水的过滤处理	9
第四节 常用过滤设备	12
第五节 超(微)滤	15
第六节 水的吸附和杀菌消毒处理	22
第七节 预处理系统的选择	26
第二章 锅炉补给水的化学除盐	28
第一节 离子交换基本理论	28
第二节 离子交换树脂的有关性能	32
第三节 水的化学除盐	48
第四节 常用化学除盐水处理设备	50
第五节 锅炉补给水处理系统设计原则	60
第三章 反渗透水处理技术	61
第一节 反渗透技术概述	61
第二节 反渗透脱盐原理及渗透理论	62
第三节 反渗透膜主要特性	64
第四节 反渗透水处理装置及影响反渗透系统性能的因素	68
第五节 反渗透预处理方法	74
第六节 反渗透水处理装置设计	80
第七节 反渗透水处理装置安装与运行管理	85
第八节 反渗透水处理装置清洗	90
第四章 发电厂冷却水处理	93
第一节 发电厂冷却水系统	93
第二节 水垢和黏泥的沉积	101
第三节 循环冷却水的防垢处理方法	107
第四节 水质稳定剂处理	111
第五节 循环冷却系统补充水处理及旁流处理	118

第六节 凝汽器的腐蚀与防止·····	127
第七节 循环水冷却系统中微生物控制·····	139
第五章 火力发电厂废水处理·····	146
第一节 火力发电厂废水种类及性质 ·····	146
第二节 火力发电厂废水排放控制标准和常见污染物 ·····	149
第三节 火力发电厂废水处理方式及设施 ·····	151
第四节 废水综合利用和废水零排放·····	158
第六章 凝结水处理 ·····	161
第一节 基本概念 ·····	161
第二节 凝结水精处理设计规定 ·····	162
第三节 凝结水过滤处理设备 ·····	167
第四节 除盐·····	174
第七章 锅炉给水处理·····	180
第一节 火力发电厂中锅炉压力等级划分及对水质要求·····	180
第二节 锅炉给水处理·····	182
第八章 锅炉炉水处理·····	199
第一节 水垢、水渣及其危害·····	199
第二节 炉水处理 ·····	209
第三节 给水、炉水加药处理和锅炉排污·····	223
第九章 蒸汽系统积盐·····	229
第一节 影响蒸汽系统积盐的因素·····	229
第二节 蒸汽携带盐类的途径·····	232
第三节 盐类在蒸汽系统的沉积·····	236
第十章 发电机内冷却水处理·····	239
第一节 内冷却水标准·····	239
第二节 现场常见问题分析·····	244
第三节 发电机内冷却水处理·····	247

第二部分 复习题及参考答案

一、复习题·····	251
二、参考答案·····	267
火力发电厂水处理资格考核模拟试卷（一）·····	284
火力发电厂水处理资格考核模拟试卷（二）·····	289

专业知识

第一章 锅炉补给水预处理

天然水体中常含有泥砂、黏土、腐殖质等悬浮物和胶体杂质以及细菌、真菌、藻类和病毒等，它们在水中具有一定的稳定性，是造成水体混浊、有颜色和异味的主要原因。为了除去这些杂质，通常使用混凝、澄清和过滤等工艺，称之为水的预处理。电力锅炉的补给水必须使用除盐水。如果不对原水进行预处理，首先除去这些杂质，后续的除盐处理将无法进行。因此，预处理是锅炉补给水处理工艺流程中的一个重要环节。

第一节 混凝澄清处理

投加化学药剂（混凝剂）使得胶体分散体系脱稳和凝聚的过程称为化学混凝。在混凝过程中，含有微小悬浮微粒和胶体杂质被聚集成较大的固体颗粒，使颗粒性的杂质与水分离的过程，称为混凝澄清处理。

一、混凝澄清处理机理

1. 胶体的稳定性和 ζ 电位

胶体在水溶液中能持久地保持其悬浮的分散状态的特性称为胶体的稳定性。水中的胶体物质的自然沉降速度非常缓慢，不易沉降的原因是由于同类胶体带有相同的电荷（天然水和废水中胶体带负电），彼此之间存在着电性斥力，使之不能聚合，始终保持其原有颗粒的分散状态。胶体颗粒保持其稳定性的另一个原因是，其表面被一层水分子紧紧地包围着，称为水化层，它阻碍了胶体颗粒间的接触，使得胶体颗粒在热运动时不能彼此碰撞而黏合，从而使其颗粒保持悬浮状态。

使胶体失去稳定性的过程称为脱稳。胶体所带的电荷影响胶体的凝聚。当胶体颗粒和流体之间呈相对运动时，剪切面（滑动面）上的电位，称之为 ζ 电位，如图1-1所示。 ζ 电位愈高，则胶体愈稳定；若 ζ 电位等于零，胶体不带电荷，这时胶体极不稳定，彼此易聚合形成大块而沉降。

2. 胶体的脱稳、凝聚和絮凝

改变胶体颗粒的某些特性，使之失去稳定性称之为胶

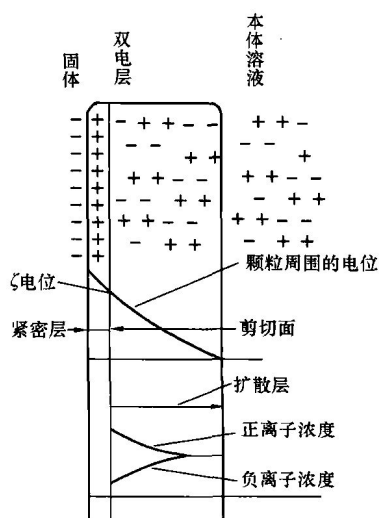


图 1-1 双电层模型及 ζ 电位

体的脱稳。在布朗运动的作用下，相互凝聚成细小絮凝物的反应过程称为凝聚。

细小絮凝物在范德华引力的作用下或在絮凝剂的吸附架桥作用下，相互黏合成较大絮状物的过程称为絮凝。

向水中投加混凝剂后，经过混合、凝聚、絮凝等综合作用，可使胶体颗粒和其他微小颗粒聚合成较大的絮状物。凝聚和絮凝的全过程称为混凝。

(1) 胶体的脱稳凝聚。

向水中投加电解质，可起到压缩双电层使胶体脱稳的作用。其主要机理是向水中加入铝盐或铁盐混凝剂后，水中胶体颗粒的双电层被压缩或使电性中和而失去稳定性。将混凝剂与原水快速均匀混合并产生一系列化学反应而脱稳，这一过程所需时间很短，一般在 1min 左右。一些阳离子型的高分子聚合物在水中呈长链结构，带有正电荷，在范德华力和静电引力的共同作用下，也能对水中胶体起到脱稳凝聚作用。

(2) 絮凝和絮凝物（矾花）的形成。

水中胶体经过脱稳、凝聚形成的初始絮凝物的粒径一般在 $1\mu\text{m}$ 以上，这时布朗运动已不能推动它们碰撞而形成更大的颗粒。为了使初始絮凝物互相碰撞而黏合成大颗粒的絮凝体，需要另外向水中输入能量，产生速度梯度。有时需向水中加入有机高分子絮凝剂，利用絮凝剂长链分子的吸附架桥作用提高碰撞产生黏合的概率。絮凝效率通常随絮凝物浓度和絮凝时间的增加而提高。

二、常用混凝药剂简介

为了提高混凝处理的效果，必须选用性能良好的药剂，创造适宜的化学和水力学条件。常用的混凝剂主要分为铝盐和铁盐两类。铝盐中以硫酸铝和聚合铝为主，铁盐中以三氯化铁和聚合硫酸铁居多。铁盐与铝盐相比，铁盐生成的絮凝物密度大，沉降速度快，pH 适应范围宽；混凝效果受温度的影响比铝盐小；但投加铁盐时要注意，在设备运行不正常时，出水会因带出的铁离子过多而带色，并可能污染后续除盐设备。

常用混凝剂名称及性质，见表 1-1。

表 1-1 常用混凝剂名称及性质

名 称	分子式	一 般 性 质
硫酸铝	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	(1) 含无水硫酸铝 52%~57%； (2) pH6~pH8 的原水； (3) 投加量较大时，处理后水中强酸阴离子含量明显增加； (4) 不适用于低温、低浊度的原水
碱式氯化铝 (PAC)	$\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$ (通式)	(1) 为无机高分子化合物； (2) 适用原水浊度范围较宽，可用于低温、低浊水的处理，pH 适用范围为 pH5~pH9； (3) 净化效率高，投药量少，出水水质好； (4) 使用时操作方便，腐蚀性小，劳动条件好； (5) 有固体产品和液体产品之分
硫酸亚铁	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	(1) 适用碱度高、浊度高、pH8.1~pH9.6 的原水，或与石灰处理配合使用； (2) 原水 pH 值较低时，常采用加氯氧化方法，使二价铁变成三价铁； (3) 原水色度较深或有机物含量较高时，不宜采用； (4) 对加药设备的腐蚀性较强
三氯化铁	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	(1) 适用于高浊度、pH6.0~pH8.4 的原水； (2) 易溶解、易混合、残渣少，但对金属腐蚀性大，对混凝土也有腐蚀性。因发热容易使塑料容器和设备变形； (3) 形成矾花大而致密，沉降速度快，适用于低温水； (4) 不宜用于低浊度原水

续表

名 称	分子式	一 般 性 质
聚合硫酸铁 (PFS)	$[\text{Fe}_2(\text{OH})_n(\text{SO}_4)_{3-n/2}]_m$ (通式)	(1)为无机高分子化合物; (2)适用于有机物含量较高的原水或有机废水的处理, pH 适用范围 pH4.5~pH10; (3)净化效率高,形成的矾花大而致密,沉降速度快; (4)缺点是投加量较大时,处理后水的 pH 值低于 6,如过滤效果不好,则水中铁含量将有所升高

当由于原水水质等方面的问题,单独采用混凝剂不能取得良好的效果时,需投加一些辅助药剂来提高混凝处理效果,这种辅助药剂称为助凝剂。助凝剂分无机类和有机类。在无机类的助凝剂中,有的用来调整混凝过程中的 pH 值,有的用来增加絮凝物的密度和牢固性。典型的无机助凝剂有氧化钙、水玻璃、膨润土。有机类的助凝剂大都是水溶性的聚合物,分子呈链状或树枝状,其主要作用有:①离子性作用,即利用离子性基团进行电性中和,起絮凝作用;②利用高分子聚合物的链状结构,借助吸附架桥起凝聚作用。

典型的有机助凝剂有聚甲基丙烯酸钠、聚丙烯酰胺 (PAM) 等。

三、混凝澄清处理主要影响因素

因为混凝处理的目的是除去水中的悬浮物,同时降低水中胶体、硅化合物及有机物的含量,所以通常以出水的浊度来评价混凝处理效果。因为混凝澄清处理包括了药剂与水的混合并产生混凝剂的水解、羟基桥联、吸附、电性中和、架桥、凝聚及絮凝物的沉降分离等一系列过程,因此混凝处理的效果受到许多因素的影响,其中影响较大的有水温、pH 值、碱度、混凝剂剂量、接触介质和水的浊度等。

1. 水温

水温对混凝处理效果有明显影响。因高价金属盐类的混凝剂的水解反应是吸热反应,故水温低时,混凝剂水解比较困难,不利于胶体的脱稳,所形成的絮凝物结构疏松,含水量多,颗粒细小。另外,水温低时,水的黏度大,水流剪切力大,絮凝物不易长大,沉降速度慢。

在电厂水处理中,为了提高混凝处理效果,常常采用生水加热器对来水进行加热,也可增加投药量来改善混凝处理效果。采用铝盐混凝剂时,水温在 20~30℃ 时比较适宜。相比之下,铁盐混凝剂受温度的影响较小,针对低温水处理效果较好。

2. 水的 pH 值和碱度

混凝剂的水解过程是一个不断放出 H^+ 的过程,会改变水的 pH 值和碱度。反过来,原水的 pH 值和碱度直接影响到混凝剂水解的中间产物,从而影响絮凝反应的效果。各种混凝剂都有一定的 pH 适应范围,详见表 1-1。

尽管水的 pH 值和碱度对混凝效果影响较大,但在天然水体的混凝处理中,却很少有投加碱性或酸性药剂来调节 pH 值的。这主要是因为,大多数天然水体都接近于中性,投加酸、碱性物质会给后续的除盐处理增加负担。

3. 接触介质

在进行混凝处理或混凝+石灰沉淀处理时,如果在水中保持一定数量的泥渣层,可明显提高混凝处理的效果。在这里,泥渣起接触介质的作用,即在其表面上起着吸附、催化以及将泥渣颗粒作为结晶核心等作用。

4. 水的浊度

原水浊度小于 50FTU 时,浊度越低越难处理。当原水浊度小于 20FTU 时,为了保证

混凝效果，通常采用加入黏土增浊、泥渣循环、加入助凝剂等方法；当原水浊度过高（如大于 3000FTU），则会因需要频繁排渣而影响澄清池的出力和稳定性。我国所用地表水大多属于中低浊度水，少数高浊度原水经预沉淀后亦属于中等浊度水。

5. 混凝剂剂量

混凝剂剂量是影响混凝效果的重要因素。当加药量不足，尚未起到使胶体脱稳、凝聚的作用时，出水浊度较高；如加药量过大，则会生成大量难溶的氢氧化物絮状沉淀，通过吸附、网捕等作用，会使出水浊度大大降低，经济性不好。对于不同的原水水质，需通过烧杯试验确定最佳混凝剂剂量。

四、混凝试验

混凝过程是一个比较复杂的物理化学过程，影响混凝效果的因素很多。对于某一具体水质或水处理工艺流程，通常根据混凝剂的特性及具体情况，先决定采用哪一种混凝剂，然后通过模拟试验来确定最优混凝条件。

模拟试验的内容一般只需确定最优加药量和 pH 值。在电厂补给水预处理中，往往用出水残留浊度和有机物的去除率判断混凝效果。

混凝试验的设备主要采用定时变速搅拌机，搅拌机设 4~6 组叶片，确定最优加药量的方法如下：

(1) 测定原水的浊度、pH 值和温度。

(2) 向一组 1000mL 的烧杯中，分别加入代表性水样 1000mL，将搅拌机的叶片放入烧杯中。

(3) 在各个烧杯中，同时加入不同的混凝剂量：开动搅拌机，待旋转速度为 160r/min 并稳定后，转动加药柄，同时向各烧杯中注入混凝剂溶液，搅拌混合 1min 后，搅拌机转速降至 40r/min，持续 5min 后停止。

(4) 在搅拌过程中，注意观察各个烧杯产生絮凝物（矾花）的时间、大小及密疏程度。

(5) 搅拌结束后，轻轻提起搅拌机叶片，使水样静止 10min，观察矾花沉降情况。

(6) 取沉淀后的上层清液，测定各水样的残留浊度、有机物等项目，计算去除率，通过分析确定最优加药量。

在实际工业设备投运时，还需根据出水水质对最优加药量进行调整，同时确定其他最优混凝条件，如污泥沉降比、水力负荷变化速率、最优设备出力等。

第二节 常用混凝澄清设备

一、混合设备

混合设备的作用是使药剂迅速、均匀地分散到水流中，形成带电粒子并与原水中的胶体颗粒及其他悬浮颗粒充分接触，形成许多微小的絮凝物（又称小矾花）。为了增加颗粒间的碰撞，通常要求水呈湍流状态，并在 2min 以内形成絮凝物。为使水流产生湍流，可利用水力设备或机械设备来完成。

混合设备种类很多，分为管道混合、水泵混合、水力混合和机械混合等。其中管道混合、水泵混合常用于直流凝聚。

直流凝聚是在过滤设备之前投加混凝剂，原水和混凝剂经混合设备充分混合后直接进入过滤设备，经过滤层的接触混凝作用能较彻底地去除悬浮物。直流凝聚处理通常用于低浊水

的处理。

1. 管道式混合

管道式混合是将配制好的药液直接加到混凝沉降设备或絮凝池的进水管中。因为它具有不需另设混合设备和布置简单等优点，所以应用较多。为使药剂能与水迅速混合，加药管应伸入水管中部，伸入距离一般为水管直径的 $1/4 \sim 1/3$ 。另外，为了混合均匀，通常规定管道式混合投药点至水管末端出口的距离不小于 50 倍的水管直径，而且管道内的水速宜维持在 $1.5 \sim 2.0 \text{ m/s}$ ，加药后水在沿途水头损失不应小于 $0.3 \sim 0.4 \text{ m}$ ，否则应在管道上装设节流孔板。

2. 水泵式混合

水泵式混合是一种机械混合，它是将药剂加至水泵吸水管中或吸水喇叭口处，利用水泵叶轮高速旋转产生的局部涡流，使水和药剂快速混合。它不仅混合效果好，而且不需另外的机械设备，是目前经常采用的一种混合方式。

管道式混合和水泵式混合常用于靠近沉降澄清设备的场合，如果距离太长，容易在管道内形成絮凝物，并在管道内沉积。

3. 涡流式混合

涡流式混合主要原理是将药剂加至水流的漩涡区，利用激烈旋转的水流达到药剂与水的均匀快速混合。近些年来，人们研究了各种型式的“静态混合器”，并得到广泛的应用。这种混合装置呈管状，接在进水的管路上。管内按设计要求装设若干个固定混合单元，每一个单元由 $2 \sim 3$ 块挡板按一定角度交叉组合而成，形式多样，图 1-2 给出了一种单元的结构示意。当水流通过这些混合单元时，被多次分割和转向，达到快速混合的目的。它具有结构简单、安装方便等优点。

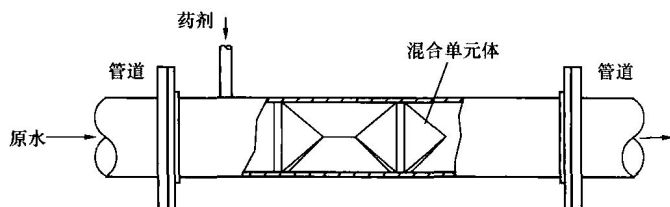


图 1-2 静态混合器示意

4. 机械混合

机械混合是利用电动机驱动螺旋器或浆板进行强烈混合，通常在 $10 \sim 30 \text{ s}$ 内完成。一般认为螺旋器的效果比浆板好，因为浆板容易使整个水流随浆板一起转动，混合效果较差。

二、泥渣循环型澄清池

1. 机械搅拌澄清池

机械搅拌澄清池是一种泥渣循环型澄清池，池体由第一反应室、第二反应室和分离室三部分组成，见图 1-3。

这种澄清池的工作特点是，利用机械搅拌叶轮的提升作用来完成泥渣的回流和接触絮凝。其工作方式为：原水由进水管进入环形三角配水槽内混合均匀，然后经槽底部的配水孔流入第一反应室，在此与分离室回流泥渣混合，混合后的水再经叶轮提升至第二反应室，继续反应以形成较大的絮粒。第二反应室设有导流板，以消除因叶轮提升作用所造成的水流旋转，使水流平稳地经导流室流入分离室沉降分离。分离区的上部为清水区，清水向上流入集水槽和出水管。分离室的下部为悬浮泥渣层，少部分排入泥渣浓缩器，浓缩至一定浓度后排出池外。混凝剂一般加在进水管中，絮凝剂加在第一反应室。

2. 水力循环澄清池

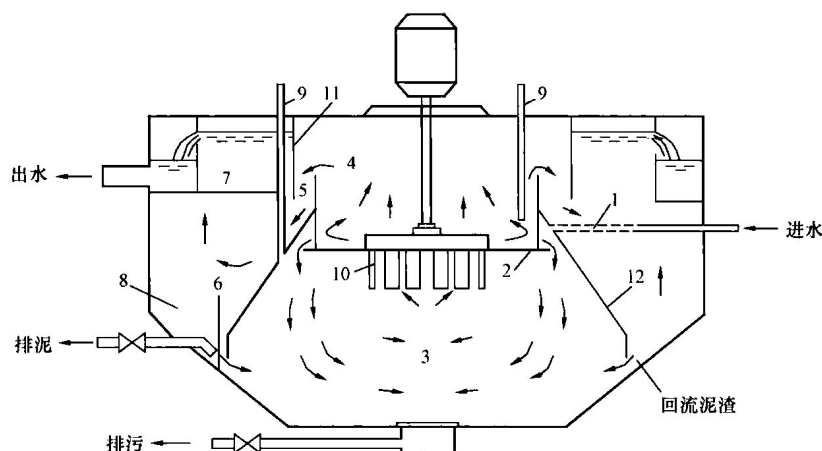


图 1-3 机械搅拌澄清池示意

1—进水管；2—环形进水槽；3—第一反应室；4—第二反应室；5—导流室；6—分离室；7—集水槽；8—泥渣浓缩室；9—加药管；10—搅拌叶轮；11—导流板；12—伞形板

水力循环澄清池也是一种泥渣循环型澄清池，其基本原理和结构与机械搅拌澄清池相似，只是泥渣循环的动力不是采用专用的搅拌机，而是靠进水本身的动能，所以它的池内没有转动部件。由于其结构简单、运行管理方便、成本低，适宜处理水量为 $50 \sim 400 \text{ m}^3/\text{h}$ ，进水悬浮物含量小于 2000 mg/L ，高度上很适宜与无阀滤池相配套，故在火力发电厂水处理中应用较多。

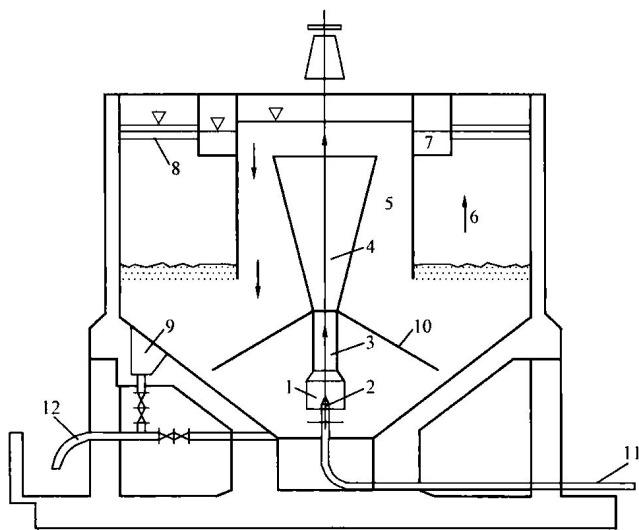


图 1-4 水力循环澄清池示意

1—混合室；2—喷嘴；3—喉管；4—第一反应室；5—第二反应室；6—分离室；7—环形集水槽；8—穿孔集水管；9—污泥斗；10—伞形罩；11—进水管；12—排泥管

水力循环加速澄清池由进水混合室（喷嘴、喉管）、第一反应室、第二反应室、分离室、排泥系统、出水系统等部分组成，见图 1-4。原水由池底进入，经喷嘴高速喷入喉管内。此时，在喉管下部喇叭口处造成一个负压区，高速水流将数倍于进水量的泥渣吸入混合室。水、混凝剂和回流的泥渣在混合室和喉管内快速、充分混合、反应。混合后的水的流程与机械加速澄清池相似，即由第一反应室→第二反应室→分离室→集水系统。从分离室沉下来的泥渣大部分回流再循环，少部分泥渣进入泥渣浓缩室浓缩后排出池外。

泥渣回流量除与原水浊度、泥渣浓度有关外，还与进水压力、喷嘴内水的流速、喉管的管径等因素有关。运行中，可调节喷嘴与喉管下部喇叭口的间距来调整回流量。调节的方法为：①利用池顶的升降机构使喉管和第一反应室一起上升或下降；②在检修期间更换喷嘴。

3. 澄清池的运行管理

(1) 运行前的准备工作。

- 1) 检查池内设备的空池运行情况。
- 2) 进行原水的烧杯试验, 取得最佳混凝剂和最佳投药量。

(2) 启动运行。

1) 尽快达到所需泥渣浓度。使进水量为设计出水量的 $1/2 \sim 2/3$, 适当加大投药量 (约正常计量的 $1 \sim 2$ 倍), 减小第一反应室的提升水量。

2) 在泥渣形成过程中, 逐步提高泥渣回流量。

3) 在形成泥渣过程中, 应定期取样测定池内各部位的泥渣沉降比。若第一反应室和池底部泥渣沉降比逐步提高, 通常泥渣层在 $2 \sim 3$ h 后即可形成, 可逐步减少加药量。若发现泥渣比较松散、絮凝体较小或原水水温和浊度较低, 可适当向池内投加黏土促使泥渣层尽快形成。

4) 当泥渣层形成后, 出水浊度应达到设计要求。将加药量减至正常值, 然后逐渐加大进水量, 每次增加水量应不超过额定水量的 20% , 间隔不得低于 1 h。

5) 当泥渣面达到规定高度时, 应进行排泥, 使泥渣层稳定在一定的高度范围。为使泥渣保持最佳活性, 一般应控制第二反应室泥渣沉降比在 5 min 内控制在 $10\% \sim 20\%$ 之间。

(3) 正常运行。

1) 澄清池应保持稳定的加药量和合格的出水质量, 应每隔 $2 \sim 4$ h 记录一次进水流量、压力, 测定一次进、出水浊度, pH 值及各部位泥渣沉降比。

2) 澄清池的负荷应稳定, 不宜大幅度波动。

3) 进入澄清池的水应无空气, 以避免由于空气的扰动而影响澄清池的出水质量。

4) 当需要提高 (或降低) 澄清池的负荷运行时, 每次增加的水量不应超过额定水量的 20% , 间隔不得低于 0.5 h。

5) 澄清排泥一般每天排放 $1 \sim 2$ 次, 排泥时间不宜过长, 以免活性泥渣排出太多, 影响澄清池的正常运行。

6) 当澄清池停运 $8 \sim 24$ h 重新启动时, 因泥渣处于压实状态, 所以应先从底部排出少量泥渣, 并控制较大的进水量和加药量, 使底部泥渣松动、活化后, 然后调整出力至额定出力的 $2/3$ 左右运行。待出水水质稳定后, 再逐渐降低加药量, 加大进水量至达到正常运行值。

(4) 运行中的故障处理。

1) 当清水区出现细小絮凝体、出水水质混浊、第一反应室絮凝体细小、反应室泥渣浓度变小时, 均可能是由于加药量不足或原水浊度太低造成的, 应随时调整加药量或投加助凝剂。

2) 当分离室泥渣层逐渐上升、出水水质变坏、反应室泥渣浓度增高、泥渣沉降比达到 25% 以上或泥渣斗的沉降比超过 80% 以上时, 均可能是由于排泥量不足造成的, 应缩短排泥周期, 加大排泥量。

3) 清水区出现絮凝体明显上升, 甚至出现翻池现象, 可能的原因有: ①日光强烈照射, 造成池水对流; ②进水量超过设计值或配水不均匀造成偏流; ③投药中断或排泥不适; ④进水温度突然上升。在实际工作中, 应根据不同原因进行调整。

三、气浮澄清池

1. 气浮澄清池机理及工艺过程

气浮澄清池的运行原理是以微小气泡作为载体, 黏附水中的杂质颗粒, 使其视密度小于

水，然后颗粒被气泡携带浮升至水面并与水分离去除的方法。常用的气浮澄清池采用的是部分回流加压溶气气浮法。其设备结构紧凑，将接触室和分离室设计为一个整体水流衔接更为合理，设计回流比控制在 20%~30% 之间。其附属设施包括气浮反应罐、压力溶气罐和溶气水泵。

气浮工艺过程是在气浮澄清池反应罐前加入混凝剂，在混凝剂的作用下，水中的胶体和悬浮物脱稳形成细小的矾花颗粒；水流进入气浮池接触室后，矾花颗粒与溶气水中大量的微细气泡发生吸附，形成密度小于水的絮体并且上浮，在水面形成浮渣层；清水则由气浮澄清池下部汇集进入出水槽。在出水槽内设置水位调节管，调节气浮澄清池内水位，以方便刮渣。气浮澄清池顶部安装 1 台旋转式刮渣机，池底部设有接触室、分离室排污管，如图 1-5 所示。

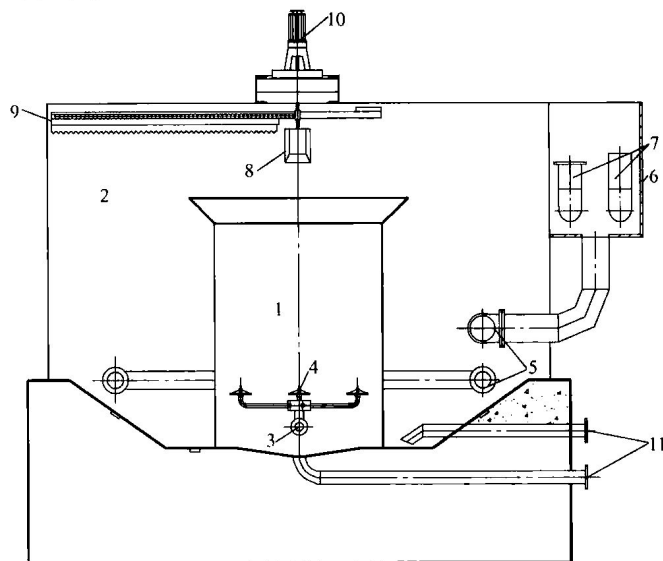


图 1-5 气浮澄清池示意

1—接触室；2—分离室；3—进水管；4—溶气释放器；5—集水装置；6—集水斗；7—出水装置；8—排渣槽；9—刮泥机；10—电动机及减速机；11—接触室、分离室排污管

2. 气浮澄清池运行管理

(1) 设备正常运行。

1) 电气柜送电，混凝反应搅拌机、气浮刮渣机运行正常。

2) 开启溶气水泵、压力溶气罐进水阀、空气罐进气阀，待空气罐压力达到设定压力时，缓开溶气罐进气阀，使气、水同时进入溶气罐。

3) 调节进水阀，控制压力溶气罐内的水位距罐底 60~100cm（既不能淹没填料，也不能过低）。

4) 全开溶气罐出水阀，防止出水阀门因截流气泡提前释出，并从接触室观察溶气水的释气情况和效果。

5) 待溶气和释气系统完全正常后，开启气浮混凝反应罐出口阀。

6) 开启混凝剂加药计量泵，调整好加药量。

7) 开启气浮反应罐的混凝反应搅拌机进行试运。

8) 通过池面观察气浮池带气絮粒的上浮情况及浮渣的积厚情况，如发现接触室浮渣面不平，局部冒出大气泡或水流不稳定，很可能是由于释放器被堵，应取下释放器排除堵塞；如发现分离区浮渣面不平，池面常见大气泡破裂，则表明气泡与絮粒黏附不好，应检查压力

溶气罐和释放器，并对混凝系统进行调整。

9) 待水位稳定后，用进水阀门调节至设计流量为止。

10) 待浮渣积至 8~10cm 厚时，启动刮渣机进行刮渣。观察刮渣和排渣能否正常进行，出水水质是否受到影响。

11) 运行过程中，定时检查水泵、空气压缩机温升和轴承温度，发现异常，应立即停车检查。

(2) 刮渣步骤。

1) 关闭气浮池出口电动阀，将气浮池水位抬高到刮渣水位。

2) 按下刮渣机启动开关，启动刮渣机。

3) 当刮渣机刮板转过 2~3 圈回到刮渣槽内，停刮渣机。

(3) 溶气释放器冲洗步骤。在运行过程中，有时会出现释放器被堵的情况，可以采取以下的冲洗措施。

1) 使空气罐的压力达到设定值时（高于 0.3MPa）。

2) 打开冲洗进气阀门，此时溶气罐进出水阀都应处于开启状态。

3) 15s 后关闭反冲进气阀门。

4) 打开放气阀门，放净反冲管路中的高压空气。

第三节 水的过滤处理

水经过澄清处理后，其浊度仍然比较高，通常在 10~20mg/L。这种水还不能直接送入后续除盐系统，而需要进一步降低水中浊度，最有效的方法就是进行过滤处理。水的过滤处理是去除水中悬浮颗粒状杂质的过程。过滤不仅可以降低水的浊度，而且还可以除去水中的部分有机物、细菌甚至病毒。

一、过滤的基本概念

过滤是杂质脱离流体在滤料颗粒表面被截流（大颗粒）、吸附（小颗粒或带电粒子）的过程。对于水的过滤，则指水通过过滤介质除去悬浮物等颗粒性物质的过程。用于过滤的材料称为滤料或过滤介质，石英砂是最常用的粒状过滤材料。过滤设备中堆积的滤料层称为滤层或滤床。装填粒状滤料的钢筋混凝土构筑物称为滤池，装填粒状滤料的钢制设备称为过滤器。运行时，相对压力大于零的过滤器称之为压力式机械过滤器。悬浮杂质在滤床表面截留的过滤称为表面过滤；在滤床内部截留的过滤称为深层过滤或滤床过滤。水通过滤床的空塔流速简称滤速。

二、过滤工艺类型

常见快速过滤工艺的分类，见表 1-2。

过滤池（器）按水流方向分，有下向流、上向流、双向流等；按构成滤池（器）中填充滤料的种类分，有单层滤料、双层滤料和三层滤料滤池；按阀门分，有单阀滤池、双阀滤池、无阀滤池等。过滤设备通常位于澄清池或沉淀池之后，过滤池（器）的进水浊度一般在 15mg/L 以下，出水浊度一般在 2mg/L 以下。当原水浊度低于 150mg/L 时，也可以采用原水直接过滤或接触混凝过滤。有的地下水，虽然浊度较低（一般在 5mg/L 以下），但为了除去铁和锰等金属化合物，常用接触混凝或者锰砂过滤。

表 1-2

快速过滤工艺分类及说明

分类方法	工艺类型	简 要 说 明
按进水水质分类	直接过滤	指原水不经过混凝澄清而直接通过滤池（器）。这种过滤形式只能除去水中较粗的悬浮杂质，对于胶体状态的杂质去除率较低。适用于原水常年浊度低，对胶体杂质的去除要求不高的情况
	混凝澄清过滤	原水经混凝处理后，絮凝物主要在澄清设备中除去，滤池（器）进水中只含微量絮凝物。在澄清良好时，滤池（器）进水是近乎恒定的低浊度水。过滤速度一般为 5~20m/h。适用于各种水源
	凝聚过滤（接触凝聚）	原水经过滤料层前，向水中投加混凝剂（有时同时投加絮凝剂），使水中胶体脱稳凝聚形成初始矾花。水进入滤料层前的凝聚反应时间一般为 5~15min。这种过滤形式的特点是省去了专门的混凝澄清设备，混凝剂投加量少。其适用于常年原水浊度小于 50mg/L，有机物含量中等以下的水源和地下水除铁、锰、胶体硅
按水流方向分类	下向流过滤	运行时，进水自上而下通过滤料层，清洗时，冲洗水向上通过滤料层。因为反冲洗时的水力筛分作用，这种形式的滤池（器）的滤料层是由小到大自上而下排列的。这是一种最常见的工艺形式，其优点是设备结构简单，运行管理方便。缺点是单层滤料时过滤周期较短，滤料层的截污能力不能得到充分利用
	上向流过滤	运行时，进水自下而上经过滤层，清洗时，冲洗水和空气也是自下而上。这种滤料层粒度分布是由小到大自上而下排列的。运行时，进水先通过较粗的滤料，因而阻力小，运行周期长，滤料层的截污能力高。缺点是运行流速必须严格控制在滤料层膨胀流速以下，并要求滤速稳定，因而对运行管理要求严格
	双向流过滤（对流）	这种滤池（器）同时采用向下和向上流的过滤方式，过滤水从滤层中部引出，因而相当于两个并列的滤池（器），出水量相当于单向流滤池（器）的两倍。反洗时，冲洗水和空气自下而上。要求反洗后的滤料层粒度分布均匀，避免细滤料集中于滤层上部致使上下部配水不均
按滤层结构分类	单层非均质过滤	见上述“下向流过滤”栏目简单说明
	单层均质过滤	在整个滤层深度内，滤料粒径分布是均匀的。这种过滤工艺在反冲洗时，增加了滤料混合过程（常用压缩空气）和不使滤层膨胀的漂洗过程，而使反冲洗后的滤料层粒度分布均匀。变空隙或变粒度过滤就属于这种类型。运行时，杂质可渗入滤层深部，水流阻力小，过滤周期较长
	多层过滤	采用不同材质的滤料组成双层或三层滤料层（极少用三层以上），密度较小的滤料在上层，密度较大的滤料在下层。双层滤料一般采用无烟煤和石英砂，三层滤料一般采用无烟煤、石英砂和磁铁矿砂。反冲洗时，因为滤料密度不同而自动分层。这种过滤方式具有截污能力大，过滤周期长，出水水质好，允许采用较高的滤速等优点

三、滤料种类

可以作为滤料的材料很多，但是它们必须是满足下列要求的固体颗粒。

- (1) 有足够的机械强度，以减轻在运行和冲洗过程中因摩擦而磨损、破碎的程度。
- (2) 具有足够的化学稳定性，在过滤过程中极少发生溶解现象。
- (3) 外形接近于球状，表面粗糙而有棱角。
- (4) 价格便宜。

满足上述要求可用作滤料的有天然砂、人工破碎的石英砂、无烟煤、磁铁矿砂、石榴石、大理石、白云石、花岗石等，其中石英砂、无烟煤和磁铁矿砂较为常用。

四、过滤工作过程

过滤运行呈循环状态，是由反洗→正洗→过滤组成的周而复始的过程。当颗粒状滤料工作到滤层中截留有较多量泥渣时，为了恢复其过滤能力，需要将滤层进行反冲洗，如果