



350MW超临界压力空冷供热机组技术丛书

电厂化学设备及运行

宁夏电力公司教育培训中心 编
国电电力武威发电有限公司

TM621.8
14



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

013066651

TM621.8
14



350MW超临界压力空冷供热机组技术丛书

要 點 容 內

电厂化学设备及运行

宁夏电力公司教育培训中心 编
国电电力武威发电有限公司



北航 C1673448



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

TM621.8
14

128680810

中国电力出版社

内 容 提 要

本书全面、系统地介绍了火力发电厂生产、运行、检修中涉及的水处理方面的问题和解决方法,主要内容包括原水的预处理、水的过滤和反渗透除盐、锅炉补水除盐、凝结水精处理、循环水处理、炉水处理及化学监督和制氢站系统设备。

本书内容丰富,叙述条理清晰,专业知识的阐述符合现场的可操作性、可指导性和实用性,既反映当前我国火力发电厂水处理技术的发展趋势,又理论联系实际,强调实用价值。

本书可作为电力行业从事水处理运行、检修岗位的工程技术人员的参考书,也可作为发电厂生产人员的培训教材,还可供相关专业技术人员及高等院校、高职高专师生参考。

宁夏电力公司培训中心
中国电力出版社

图书在版编目(CIP)数据

电厂化学设备及运行/宁夏电力公司教育培训中心,国电电力武威发电有限公司编. —北京:中国电力出版社,2013.6

(350MW超临界压力空冷供热机组技术丛书)

ISBN 978-7-5123-4362-7

I. ①电… II. ①宁… ②国… III. ①电厂化学—设备
IV. ①TM621.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第086845号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013年6月第一版 2013年6月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 7.25印张 165千字

印数0001—2000册 定价18.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

编 委 会

主 任	唐 平	张彦祥		
副主任	白能武	王波海	郑超英	王 亮
	朱学兵			
成 员	张莉君	尹正伏	曹中枢	杨新勇
	姜纪宁	冯晓峰		

编 写 组

组 长	张梅有	于献宇		
副组长	马全福	武丽萍	徐 伶	
成 员	杨慧丽	李学智	尚文科	王 潇
	黄文东	王国彬	白如斌	郑朝宁
	夏朝湘	焦晓东	陈 林	田继春
	张天文	杨志华		



前言

进入 21 世纪,随着国民经济的飞速发展,工农业生产和人民生活水平的提高及城镇化进程的加快,我国城市民用及工业用热量不断增加,兼顾到供热及机组设备利用率的平衡,超临界及超超临界压力火力发电机组已成为我国电力建设的发展趋势,350MW 超临界压力机组已成为我国供热的主力机组。因此,有关工程技术人员及机组运行维护人员急需了解和掌握超临界压力空冷供热机组的结构、系统和运行知识。为了满足火力发电机组运行维护的需要,宁夏电力公司教育培训中心和国电电力武威发电有限公司组织编写了这套《350MW 超临界压力空冷供热机组技术丛书》。

本套丛书包括《锅炉设备及运行》、《汽轮机设备及运行》、《电气设备及运行》、《电厂化学设备及运行》、《热工控制》五个分册,由宁夏电力公司教育培训中心和国电电力武威发电有限公司共同编写。

《电厂化学设备及运行》分册共由七章组成,第一、四、五、七章由徐玲编写,第二章由俞皖青编写,第三章由王霄编写,第六章由徐玲和国电电力武威发电有限公司白如斌编写。本书由徐玲统稿,王亮担任主审。

编 者

2013 年 4 月

目 录

前言

第一章 原水的预处理	1
第一节 电厂用水的水源及水质特点	1
第二节 电厂用水的水质指标	2
第三节 原水的预处理	7
第二章 水的过滤和反渗透除盐	12
第一节 水的过滤处理	12
第二节 活性炭过滤器	16
第三节 超滤	17
第四节 反渗透处理	22
第三章 锅炉补给水除盐	28
第一节 离子交换树脂	28
第二节 除盐设备系统	31
第三节 混床除盐系统	33
第四节 除盐水系统常见的故障处理	35
第四章 凝结水精处理	38
第一节 概述	38
第二节 凝结水精处理设备及其系统	39
第三节 凝结水精处理再生系统设备	47
第五章 循环水处理	51
第一节 冷却水系统及水的冷却原理	51
第二节 循环水处理的含义	53
第三节 循环水处理的方法及原理	55
第四节 循环水水质的监督和控制	57

第六章 炉水处理及化学监督	61
第一节 超临界压力机组的水化学工况概述	61
第二节 全挥发处理水化学工况	64
第三节 加氧处理水化学工况	67
第四节 超临界压力火电机组热力设备腐蚀	71
第五节 热力设备化学监督	81
第六节 锅炉的化学清洗	84
第七节 汽水取样系统	86
第八节 电厂废水的处理及回用	88
第七章 制氢站系统设备	90
第一节 电解制氢工作原理	90
第二节 制氢站系统设备	91
第三节 制氢设备系统运行和监督	95
参考文献	107

第一章

原水的预处理

第一节 电厂用水的水源及水质特点

电厂用水的水源目前主要有两种：地表水和地下水。另外，中水也逐渐成为电厂用水的另一种水源。

一、地表水

地表水是指流动或静止在陆地表面的水，主要是指江河、湖泊、水库和海洋的水，它们是电厂用水的主要水源。

二、地下水

存在地球表面以下土壤和岩层中的水称为地下水。地下水是由雨水和地表水经过地层的渗流而形成的。

三、中水

中水主要是指城市生活污水和其他污水经过处理后达到一定的水质标准，可在一定范围内重复使用的非饮用水，也称为再生水。

中水是水资源有效利用的一种形式。在火力发电厂中，中水主要用于工业冷却水的补充水，以及消防、绿化、道路清洁、冲厕等。

四、天然水中的杂质及特征

水在自然循环的过程中，能溶解大气中、地表面和地下岩层中的许多物质，而且在天然水的流动过程中还会夹带一些固体物质，而使天然水体中不同程度地含有各种杂质。

天然水中杂质有的呈固态，有的呈液态或气态，它们大多以分子态、离子态或胶体颗粒存在于水中。

天然水中杂质种类很多，按其性质可分为无机物、有机物和微生物；按分散体系，即水中杂质颗粒的大小，分为悬浮物、胶体和溶解物质。水处理实践表明，只要杂质尺寸处在同

一范围内,无论是何种杂质,其除去方法基本相同。因此,水处理应用中是按后者进行分类的,下面介绍这些杂质的情况。

1. 悬浮物

悬浮物是指颗粒直径在 10^{-4} mm 以上的微粒。它们在水中是不稳定的,在重力或浮力的作用下易于分离出来。

2. 胶体

胶体是指颗粒直径为 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ mm 之间的微粒。胶体颗粒在水中有布朗运动,它们不能靠静置的方法自水中沉淀下来。而且,胶体表面因带电,同类胶体之间有同性电荷的斥力,不易相互黏合成较大的颗粒,所以胶体在水中是比较稳定的。

3. 溶解物质

溶解物质是指颗粒直径小于 10^{-6} mm 的微粒。它们大都以离子、分子或溶解气体状态存在于水中。

(1) 离子态杂质。天然水中含有的离子种类甚多,但在一般的情况下,它们总是一些常见的离子。如 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 等阳离子以及 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 等阴离子,它们是工业水处理中需要去除的主要离子。在天然水的 pH 值范围内,硅化合物一般不以离子形式存在,当水的 pH 值较高时,会有少量 H_2SiO_3 电离出 HSiO_3^- 。

(2) 溶解气体。天然水中常见的溶解气体有氧 (O_2) 和二氧化碳 (CO_2),有时还有硫化氢 (H_2S)、二氧化硫 (SO_2) 和甲烷 (CH_4) 等。水中 O_2 和 CO_2 的存在是使金属发生腐蚀的主要原因。

此外,水中还有各种生物生成物,如 NH_3 、 NO_3^- 、 NO_2^- 、 PO_4^{3-} 等。

4. 有机物

天然水中含有有机物,有机物按其形态也有悬浮态、胶体和溶解状态三种形式。天然水中的有机物有两种不同的来源,一种是在自然界生态循环中形成的;另一种是在人类生产活动中造成的,如工业废水、生活污水。

水中有机物在进行生物氧化分解时,需要消耗水中的溶解氧,如果缺氧,则发生腐败,恶化水质、破坏水体。天然水中有机物不但影响水处理过程的进行(如影响水的混凝沉淀、污染离子交换树脂和分离膜等),而且进入锅炉后会受热分解为低分子有机酸,造成热力设备酸性腐蚀。因此,有机物是水处理中必须去除的杂质。

第二节 电厂用水的水质指标

所谓水质是指水和其中杂质共同表现出的综合特性,也就是常说的水的质量,而表示水中杂质个体成分或整体性质的项目,称为水质指标,它是衡量水质好坏的参数。

火力发电厂用水的水质指标有两类:一类是表示水中杂质离子组成的成分指标,如 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 等;另一类是表示某些化合物之和或表征某种特性,这些指标是根据技术上的需要而专门制订的,故称为技术指标,表 1-1 为火力发电厂用水的技术指标。

表 1-1

火力发电厂用水的技术指标

指标名称	常用符号	单位	指标名称	常用符号	单位
pH 值	pH	—	硬度	YD 或 H	mmol/L
全固体	QG	mg/L	碳酸盐硬度	H _T	mmol/L
悬浮固体	XG	mg/L	非碳酸盐硬度	H _F	mmol/L
浊度	ZD	FTU、NTU	碱度	JD 或 B	mmol/L
透明度	TD	cm	酸度	SD 或 A	mmol/L
溶解固体	RG	mg/L	化学耗氧量	COD	mg/L O ₂
灼烧减少固体	SG	mg/L	生化需氧量	BOD	mg/L O ₂
含盐量	YL 或 S	mg/L	总有机碳	TOC	mg/L
	C	mmol/L	氨氮		mg/L
电导率	DD	μS/cm	细菌总数		个/mL

一、悬浮固体和浊度

1. 悬浮固体

悬浮固体是反映水中悬浮物含量的一项指标，它是水样在规定的条件下，经孔径为 3~4 μm 的玻璃过滤器过滤能够分离出来的固体，单位为 mg/L。

2. 浊度

浊度是反映水中悬浮物和胶体含量的一个综合性指标，它是利用水中悬浮物和胶体颗粒对光的透射或散射作用来表征其含量的一种指标，即表示水浑浊的程度。

浊度通过专用仪器测定，操作简便。由于标准水样浊度的配制方法不同，所使用的单位也不相同。采用福马胂作为对照溶液，利用透射光原理测得的浊度称为透射光福马胂浊度，用 FTU 表示；采用福马胂作为对照溶液，利用散射光原理测得的浊度称为散射光福马胂浊度，用 NTU 表示。

二、含盐量

含盐量是表示水中溶解盐类的指标。它是水中各种溶解盐类的总和，由水质全分析的结果，通过计算求出。含盐量有两种表示方法：一是质量表示法，即将水中各种阴、阳离子以质量含量（mg/L）为单位全部相加；二是物质的量浓度表示法，即将水中阳离子（或阴离子）均按带一个电荷的离子为基本单元，计算其浓度（mmol/L），然后将它们（阳离子或阴离子）相加。计算含盐量的阳离子和阴离子不包括 H⁺ 和 OH⁻。由于水质全分析比较麻烦，所以常用溶解固体近似表示，或用电导率衡量水中含盐量的多少。

1. 溶解固体

溶解固体是指在规定的条件下，水样经过滤除去悬浮固体后，经蒸发、干燥所得的残渣重量，单位用 mg/L 表示。

2. 电导率

表示水中离子导电能力大小的指标，称作电导率。由于溶于水的盐类都能电离出具有导电能力的离子，所以电导率是表征水中溶解盐类的一种替代指标。水越纯净，含盐量越低，

电导率就越小。

火力发电厂水汽质量标准中采用的“氢电导”是指水样经过氢型强酸阳离子交换树脂彻底交换后测得的电导率。用氢电导表示水汽质量是为了消除其中氨的影响，同时也增加了测定结果的可比性。

另外，也有用电阻率来表示水的纯度的，电阻率与电导率互为倒数关系，电阻率的常用单位为 $M\Omega \cdot cm$ 。

天然水含盐量小于 200mg/L 为低含盐量水，200~500mg/L 为中等含盐量水，500~1000mg/L 为较高含盐量水，大于 1000 为高含盐量水。

三、硬度

硬度是表征水中容易形成垢类物质的指标，它是指水中某些易形成沉淀的二价和二价以上的金属离子。在天然水中，形成硬度的物质主要是钙、镁离子，所以通常认为硬度就是指水中这两种离子的含量。水中钙离子含量称钙硬 (H_{Ca})，镁离子含量称镁硬 (H_{Mg})，总硬度是指钙硬和镁硬之和。硬度可分为碳酸盐硬度和非碳酸盐硬度。

碳酸盐硬度是指水中钙、镁的碳酸盐及碳酸氢盐的含量。此类硬度在水沸腾时就析出沉淀而从水中消失，所以有时也叫暂时硬度。

非碳酸盐硬度是水中除碳酸盐硬度之外的其他硬度，主要是水中钙、镁的硫酸盐、氯化物。由于这种硬度在水沸腾时不能析出沉淀，所以有时也称为永久硬度。

天然水硬度小于 1.0mmol/L 为极软水，1.0~3.0mmol/L 为软水，3.0~6.0mmol/L 为中等硬度水，6.0~9.0mmol/L 为硬水，大于 9.0mmol/L 为极硬水。

四、碱度和酸度

1. 碱度

表征水中碱性物质的指标是碱度，碱度是指水中能接受 H^+ ，与强酸进行中和反应的物质的含量，常用单位为 mmol/L。与硬度一样，碱度在美国和德国分别用 ppmCaCO₃ 和 G 为单位。

2. 酸度

表征水中酸性物质的指标是酸度，酸度是指水中能提供 H^+ 与强碱进行中和反应的物质的含量。形成酸度的物质有强酸、强酸弱碱盐、弱酸和酸式盐。

水中酸度的测定是用强碱标准溶液来滴定的。所用指示剂不同，得到的酸度也不同。如：用甲基橙作指示剂，测出的是强酸酸度，简称酸度；用酚酞作指示剂，测定的酸度除强酸酸度（如果水中有强酸酸度）外，还有 H_2CO_3 酸度（即 CO_2 酸度）和 HCO_3^- 的盐类。水中酸性物质对碱的全部中和能力称为总酸度。

酸度并不等于水中氢离子的浓度，水中氢离子的浓度常用 pH 值表示，它表示呈离子状态的 H^+ 浓度的负对数；水中氢氧离子的浓度常用 pOH 表示，是指呈离子状态的 OH^- 浓度的负对数。

五、表示水中有机物的指标

天然水中的有机物种类繁多，成分也很复杂。因此很难进行逐类测定，通常是利用有机物的可氧化特性，用某些指标间接地反映它的含量，如化学氧化、生物氧化和燃烧三种氧化方法。

1. 化学耗氧量 (COD)

化学耗氧量是指在规定条件下,用氧化剂处理水样时,氧化水样中有机物所消耗该氧化剂的量。计算时折合为氧的质量浓度,简写代号为 COD,常用单位为 mg/L。化学耗氧量越高,表示水中有有机物越多。常采用的氧化剂有重铬酸钾 ($K_2Cr_2O_7$) 和高锰酸钾 ($KMnO_4$)。氧化剂不同,测得有机物的含量也不同。用 $KMnO_4$ 作氧化剂测得的有机物含量用 COD_{Mn} 标注,用 $K_2Cr_2O_7$ 作氧化剂测得的有机物含量用 COD_{Cr} 标注。

2. 生化需氧量 (BOD)

生化需氧量是指在特定条件下,水中的有机物进行生物氧化时所消耗溶解氧的量,单位用 mg/LO_2 表示。

通常都以 5 天作为测定生化需氧量的标准时间,称 5 天生化需氧量,用 BOD_5 表示。试验证明,一般有机物的 5 天生化需氧量约为第一阶段生化需氧量的 70%,因此, BOD_5 具有一定的代表性。

3. 总有机碳 (TOC)

总有机碳是指水中有机物的总含碳量,它是以碳的数量表示水中含有机物的量。因为有机物均含有碳元素,因此可以测定其含碳量来反映有机物的量。直接测定有机物中的碳含量并非容易,所以常将其转换成易于测定的物质。此外,用仪器测定有机物完全燃烧所消耗氧的量,称为总需氧量 (TOD)。COD、BOD、TOD 都只能笼统反映水被有机物污染的程度,不能区分有机污染物的具体组成,也无法知道有机物的真正含量。

六、活性硅和非活性硅

天然水中的硅酸化合物比较复杂。有溶解态的,它们多是单分子、双分子等硅酸化合物;有胶态的,它们是硅酸聚合度增大时,由溶解态转化而成胶态的;有吸附态的,如吸附在泥沙、黏土、悬浮有机物颗粒或铁铝化合物颗粒上。

依据硅的测定方法,硅酸化合物可分为活性硅和非活性硅,两者之和称为全硅,通常统一写成 SiO_2 。

七、氨氮和细菌总数

氨氮是指以氨或铵离子形式存在的化合氨。氨氮主要来源于人和动物的排泄物,雨水径流以及农用化肥的流失也是氨氮的重要来源。另外,氨氮还来自化工、冶金、煤炭、鞣革、化肥等工业废水中,水再利用时,也会带入较多的氨氮。当以中水作为工业冷却水或循环冷却水的补充水时,若氨氮浓度较高,有可能在冷却水系统中滋长大量微生物,甚至生成黏泥、泥垢。此外,氨氮在硝化细菌的作用下,会部分转化为硝酸盐和亚硝酸盐,这可能导致水的 pH 值下降和设备腐蚀等。

细菌总数是指水样在一定条件下(培养基成分、培养温度和时间、pH 值等)培养后,所得 1mL 水样中所含细菌菌落的总数。细菌在水中的浓度通常以 CFU/mL (菌落数/毫升)表示,GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》规定每毫升水中的细菌总数不得超过 100 个。水中细菌总数在一定程度上反映了水被微生物污染的程度,水中细菌总数增多,说明水的生物污染加重。

八、再生水水质指标

以国电电力武威发电有限公司(以下简称国电武威公司)为例,其水源采用武威市污水

处理厂供给的再生水，以在建的工业园区污水处理厂的再生水作为备用水源，其使用的再生水水质指标见表 1-2。

表 1-2 使用的再生水水质指标

项 目		单位	含量	项 目		单位	含量
阳离子	Na ⁺	mg/L	111.96	总固体	mg/L		654.8
	K ⁺	mg/L	1.96	溶解性固体	mg/L		649.6
	Ca ²⁺	mg/L	96.19	悬浮性固体	mg/L		5.2
	Mg ²⁺	mg/L	12.76	电导率（25℃）	μS/cm		1030
	Cu ²⁺	mg/L	0.01	总硬度	mmol/L		5.85
	全 Fe	mg/L	0.02	碳酸盐硬度	mmol/L		5.35
	Al ³⁺	mg/L	0.01	非碳酸盐硬度	mmol/L		0.55
	NH ₄ ⁺	mg/L	4.85	酚酞碱度	mmol/L		0.00
阴离子	Sr ²⁺	mg/L	0.75	甲基橙碱度	mmol/L		5.30
	Cl ⁻	mg/L	111.22	总碱度	mmol/L		5.30
	SO ₄ ²⁻	mg/L	116.58	pH 值	mg/L		1.4
	HCO ₃ ⁻	mg/L	323.41	全硅（SiO ₂ ）	mg/L		11.05
	CO ₃ ²⁻	mg/L	0.00	活性硅（SiO ₂ ）	mg/L		9.68
	NO ₃ ⁻	mg/L	8.85	COD _{Mn}	mg/L		9.78
	NO ₂ ⁻	mg/L	1.27	BOD ₅	mg/L		9.0
	OH ⁻	mg/L	0.00	总氮	mg/L		22.48
	PO ₄ ³⁻	mg/L	0.13	取样时间	2009 年 9 月 27 日		

根据以上分析结果，污水处理厂出水水质基本满足 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》所规定的基本控制项目最高允许排放浓度（日均值）一级 B 标准。作为电厂工业用水，其硬度、碱度较高，需深度处理。

国电武威公司再生水深度处理系统设计进、出水水质指标见表 1-3。

表 1-3 再生水深度处理进、出水水质表

编号	项 目	单位	数 据		备 注
			设计进水	设计出水	
1	pH 值	—	6.87~7.82	7.5~8.3	
2	SS	mg/L	4.75~18.7	≤2	
3	COD _{Cr}	mg/L	23.7~29.6	≤20	
4	BOD ₅	mg/L	2.0~11.0	≤5	
5	不溶性油	mg/L	—	≤2	
6	总硬度	mg/L	500~550	≤300	以 CaCO ₃ 计
7	暂时硬度	mg/L	350~400	≤50	以 CaCO ₃ 计
8	总碱度	mg/L	350~400	≤100	以 CaCO ₃ 计

九、常见的电厂水分析法定计量单位

水处理的水分析及计算工作时都应遵循 DL/T 434—1991《电厂化学水专业实施法定计量单位的有关规定》。

摩尔 (mol) 是物质的量的单位, 是 7 个国际单位制单位 (SI 基本单位) 之一。根据第 14 届国际计量大会的决议, 摩尔的定义包括两条: ①摩尔是一系统的物质的量。该系统中所含的基本单元数与 0.012kg 碳 12 的原子数目相等。②在使用摩尔时, 基本单元应予指明, 可以是原子、分子、离子、电子及其他粒子或是这些粒子的特定组合。根据此定义, 物质的量摩尔 (mol) 与该物质的基本单元有关。若不指明基本单元, 所说的摩尔就没有明确的意义了。

1. 碱度的定义、单位

水的碱度是指水中含有能接受氢离子的物质的量除以水的体积。

采用每升水样所能接受的氢离子物质的量 mol H^+ 来表示碱度, 基本单元为 $\text{c}(\text{H}^+)$, 单位为 mmol/L 。由于水中能接受氢离子的物质的量 mol H^+ 是采用中和法测定的, 而该测定值又取决于滴定终点的 pH 值, 因此碱度可分为酚酞碱度和全碱度两种。酚酞碱度是以酚酞作指示剂时所测出的量, 其终点 pH 值约为 8.3, 以 $(\text{JD})_{\text{酚}} \text{mmol/L}$ 表示。全碱度是以甲基橙作指示剂时测出的量, 终点 pH 值约为 4.2, 以 $(\text{JD})_{\text{全}} \text{mmol/L}$ 表示。

2. 硬度的定义、单位

水的硬度是水中钙和镁离子的总浓度。为了使水的碳酸盐硬度和水的碱度相当, 硬度的基本单元定为 $1/2 \text{Ca}^{2+} + 1/2 \text{Mg}^{2+}$, 单位为 mmol/L 。水中组分的计量单位可用 mg/L 、 $\mu\text{g/L}$ 、 mmol/L 、 $\mu\text{mol/L}$ 、 mg/kg 、 $\mu\text{g/kg}$ 、 mol/m^3 等法定计量单位表示。

第三节 原水的预处理

火电机组用水取自海洋、冰川、湖泊、江河、中水以及地下水等。这些水中往往含有大量悬浮物、胶体和溶解物质等杂质。通过对天然水进行预处理和除盐处理去除各种杂质, 是保证良好汽水品质的必要条件。如果缺乏良好的水处理, 水中杂质进入热力循环中, 会导致设备腐蚀结垢、汽水品质劣化、机组耗能增多、设备维护费用提高、锅炉酸洗间隔缩短等问题。

以国电武威公司为例, 其再生水深度处理系统采用武威市污水处理厂经二级生化处理后的排水, 经深度处理后作为电厂工业水。根据再生水水质分析资料, 碳酸盐硬度为 5.35mmol/L , 总硬度为 5.85mmol/L , 深度处理拟采用石灰混凝沉淀工艺。该工艺既能有效地降低中水的硬度、碱度, 改善水质, 对污水剩余的 COD_{Cr} 、 BOD_5 及 $\text{NH}_3\text{—N}$ 、胶体硅也有较高的去除能力。再生水深度处理水量按 500t/h 设计。再生水深度处理系统选择工艺流程为: 污水处理厂排水 (加氯) → 缓冲水池 (污水处理厂) → 原水输送泵 (污水处理厂) → 电厂原水池 → 原水提升泵 → 澄清池 (含加凝聚剂、助凝剂、石灰系统、污泥浓缩及脱水系统) → 加酸 → 变孔隙滤池 → 清水池 → 清水泵 → 全厂工业用水点。

一、混凝处理技术

混凝处理技术是投加混凝剂破坏原水中的胶体的稳定性, 使胶体和细小悬浮物相互凝聚

生成大的絮凝体，再进行沉降分离去除。混凝包括凝聚和絮凝两个过程。胶体失去稳定性的过程称为凝聚，胶体脱稳相互聚集称为絮凝。

1. 混凝的机理

原水中胶体具有稳定性，是胶体粒子在水中长期保持分散悬浮状态的特性。胶体稳定性分为动力学稳定性和聚集稳定性两种。水中胶体颗粒由于具有稳定性，不会自己沉降，所以也不能用过滤的方法去除。要使水中胶体颗粒相互聚集，则需使水中胶体颗粒脱稳，为此常采用混凝处理技术。

2. 混凝过程

自药剂与水均匀混合起直至大颗粒絮凝体形成为止，工艺上总称为混凝过程，包括混合凝聚、反应絮凝等阶段，相应设备有混合设备和絮凝设备。

混合凝聚阶段通过剧烈的水力搅拌使药剂快速均匀地分散到被处理水的各个部位。该阶段杂质颗粒微小，颗粒间产生异向絮凝，以压缩水中胶体颗粒的双电层，降低或消除胶体颗粒的稳定性，有利于混凝剂快速水解、聚合及颗粒脱稳。

在反应絮凝阶段以同向絮凝为主，主要是促使混合凝聚阶段失去稳定性的胶体粒子碰撞、吸附、黏着、架桥生成较大的矾花。此阶段需要较长的时间，只需缓慢地搅拌。

3. 混凝的影响因素

因为混凝过程包括混凝剂的水解、电离、吸附、絮凝、架桥、沉降等过程，所以影响因素也很多，主要包括原水性质（水温、水的化学特性、杂质性质和浓度等）、投加的凝聚剂种类与数量、使用的絮凝设备及相关水力参数。

4. 混凝剂和助凝剂

水处理工艺中使用的混凝剂种类很多，可归纳为两类：一类为无机盐类混凝剂，应用最广的是铝盐（其中有硫酸铝、硫酸钾铝和铝酸钠等）和铁盐（如三氯化铁、硫酸亚铁和硫酸铁等）；另一类为高分子混凝剂，又可分为无机和有机两类。无机类中聚合氯化铝目前使用比较广泛，有机类中聚丙烯酰胺使用较普遍。当使用混凝剂不能取得良好效果时，需投加助凝剂。

混凝剂应符合以下要求：①混凝效果好；②对人体无危害；③使用方便；④货源充足，价格低廉。常用的混凝剂见表 1-4。

表 1-4 常用的 混 凝 剂

无机 系列	铝系		硫酸铝、明矾、聚合氯化铝、聚合硫酸铝
	铁系		三氯化铁、硫酸亚铁、硫酸铁、聚合硫酸铁、聚合氯化铁
有机 系列	人工 合成	阳离子型	含氨基、亚氨基的聚合物
		阴离子型	水解聚丙烯酰胺
		非离子型	聚丙烯酰胺、聚氧化乙烯
		两性型	明胶、蛋白素、干乳酪等蛋白质、改性聚丙烯酰胺
	天然		淀粉、动物胶、树胶、甲壳素等 微生物絮凝剂

能提高或改善混凝剂作用效果的化学药剂称为助凝剂。助凝剂的作用有两个：①离子性作用，即利用离子性基团的电荷进行中和起凝聚作用；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。常用的助凝剂：第一种是酸碱类，可调整水的 pH 值，如石灰、硫酸等；第二种是加大矾花的粒度和结实性，如活化硅酸 ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)、骨胶、高分子絮凝剂等；第三种是氧化剂类，它能破坏干扰混凝的物质（如有机物），如投加 Cl_2 、 O_3 等。

5. 混凝工艺流程

混凝工艺流程包括混凝剂的选择、配制、投加、混合、反应、加药量的确定等，相应的混凝设备为溶液箱、加药泵、混合器和反应池等。

二、沉淀处理技术

沉淀是水中悬浮物在重力作用下下沉，从而与水分离，使水质得到澄清的过程。这种方法简单易行，分离效果良好，是水处理的重要工艺。在水中加入化学凝结剂或 pH 值调节剂，反应生成絮状物，絮状物由于重力作用而在沉淀桶中沉淀下来，或当水通过高差滤池时滤掉。

悬浮体（原有的悬浮体或者混凝后产生的悬浮体）在水中的沉降，主要分为自由沉降和拥挤沉降两种。自由沉降指的是悬浮物颗粒在静水中沉降时，只受到颗粒本身在水中的重力和水的阻力作用，而不受容器壁和周围环境的影响。

当天然水中悬浮物浓度大于 5000mg/L ，且在混凝处理过程中形成的絮凝物浓度很高时，颗粒之间的相互碰撞以及由于相互作用所产生的作用力影响很大，这时颗粒的沉降就不是简单的自由沉降，而是拥挤沉降。颗粒沉降时，下面的水也一起移位，移位的水流向上以填补空间。

利用拥挤沉降来去除水中颗粒的设备就是各种类型的澄清池。澄清池目前共分两类：一类是泥渣悬浮型澄清池，如脉冲澄清池；另一类是泥渣循环型澄清池，如机械搅拌澄清池、水力加速澄清池。

1. 斜板（管）沉淀池

斜板沉淀池又称为浅层沉淀池，其工作原理是建立在浅层沉降理论基础上的，即在沉淀池有效容积一定的条件下，池身越浅，沉淀面积越大，去除效率就越高。

斜板沉淀池的作用原理如下：

（1）增加了沉淀面积，缩短了沉降距离，提高了沉淀效率。

（2）泥渣会在斜板或斜管上堆积，继续进行接触混凝作用，使悬浮体变大，便于沉降。

（3）加装斜板或斜管后，水紊流状态减少，层流状态增加，雷诺数有所下降，有利于沉降。

斜板沉淀池是在沉淀池的沉淀区加斜板或斜管构成。斜板材料要求轻质、壁薄、坚固、无毒而价廉。斜板沉淀池由斜板（管）沉淀区、配水区、清水区、缓冲区和污泥区组成，如图 1-1 所示。斜板沉淀池的优点是澄清效率

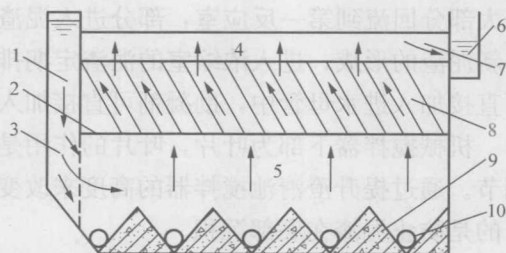


图 1-1 斜板沉淀池的结构

- 1—配水槽；2—阻流板；3—穿孔墙；4—清水区；
5—配水区；6—出水槽；7—出流孔口；
8—斜板（管）沉淀区；9—污泥斗；
10—排泥管

高，单位面积产水量较大，池子容积小、占地面积小，对低温、低浊度水的处理有一定的适应性；缺点是水质、水量变化的适应性较差，维修较麻烦。

2. 机械搅拌澄清池

机械搅拌澄清池属于泥渣循环型澄清池，是利用池中积聚的泥渣与原水中杂质颗粒相互接触、吸附，以达到泥水快速分离的净水构筑物，可充分发挥混凝剂的作用和提高澄清效率。

机械搅拌澄清池的结构如图 1-2 所示，池体主要由第一反应室、第二反应室、分离室三部分组成，并设置有相应的进出水系统、排泥系统、搅拌器、刮泥机及调速系统等。另外，还有加药管、排气管和取样管等。它的特点是利用机械搅拌的提升作用来完成泥渣回流和接触絮凝作用。

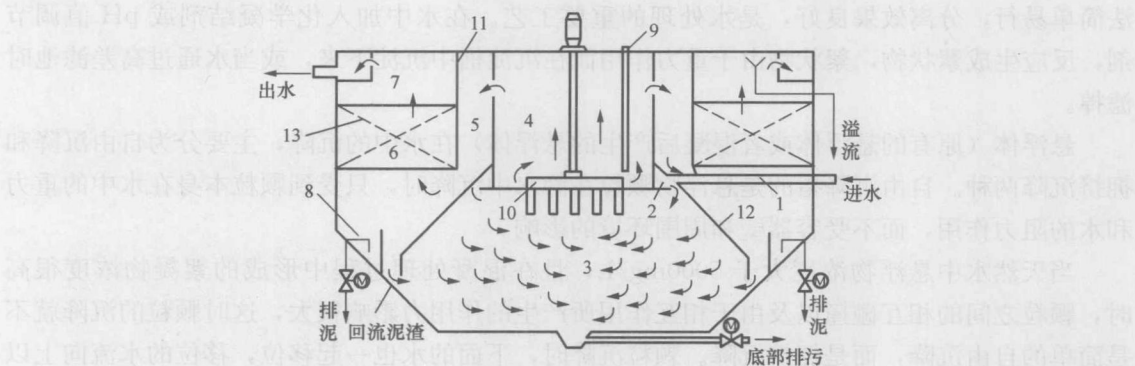


图 1-2 机械搅拌澄清池的结构

- 1—进水管；2—进水槽；3—第一反应室；4—第二反应室；5—导流室；
6—分离室；7—清水室；8—泥渣浓缩室；9—加药管；10—机械搅拌器；
11—导流板；12—伞形板；13—蜂窝斜管

机械搅拌澄清池的流程：原水由进水管进入环形配水槽，均匀地流入第一反应室，在搅拌器的搅拌下与大量回流污泥混合均匀；第一反应室中夹有泥渣的水被涡轮提升到第二反应室，进行絮凝长大的过程；然后，水流经设在第二反应室上部四周的导流室进入分离室，分离室的截面较大，水流较慢，有利于泥渣和水的分离，分离出的水流入集水槽；分离出的泥渣大部分回流到第一反应室，部分进入泥渣浓缩室。进入第一反应室的泥渣随进水流动，参与新泥渣的形成；进入浓缩室的泥渣定期排走。澄清池底部设有排污管，供排空用。凝聚剂可直接加入进水母管中，助凝剂可直接加入澄清池内部。

机械搅拌器下部为叶片，叶片的作用是搅拌，转速一般为每分钟一至数转，可根据需要调节。通过提升澄清池搅拌器的高度来改变水的提升量。机械搅拌器的最下部为刮泥装置，目的是防止泥渣在底部沉积。

澄清池的运行效果受多方面因素的影响，有化学条件、物理条件、水力条件及运行工况等。化学条件主要是混凝剂种类及最佳剂量，物理条件主要是水温及水温变化，水力条件是指流量及流量的变化。因此，澄清池的运行应注意以下几个方面：

(1) 正确选取所用的混凝剂，确定最佳剂量，并根据原水水质和澄清池出力的变动情况及时改变加药量。