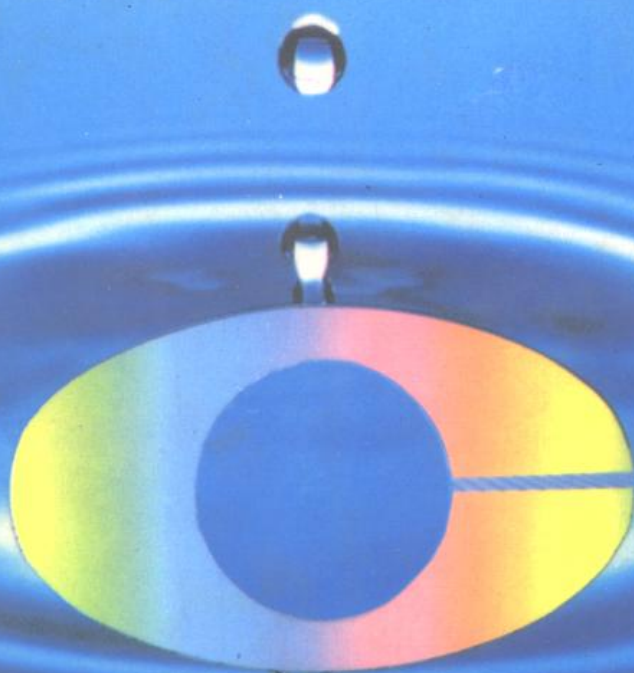


工业水处理技术

冯 敏 主编
石 松 主审



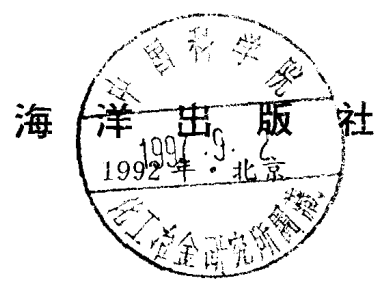
海洋出版社

10.9.500
592

工业水处理技术

冯 敏 主编
石 松 主审

8K470/17
(500/10/1)



内 容 提 要

本书详细介绍了有关水处理的各种工艺和设备,特别是近年来国内外发展的水处理新技术,其中包括:反渗透、电渗析、多级闪蒸和多效蒸馏法水处理技术。

本书共十三篇,包括:水化学、工业用水的预处理、沉淀法水处理、离子交换法水处理、电渗析法脱盐、反渗透法脱盐、蒸馏法脱盐、水处理设计、循环冷却水处理、凝结水、给水、炉水处理,中和处理和液膜分离、磁化处理和超纯水制备等内容。

本书可供科研、设计和生产部门的有关科技人员和大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

工业水处理技术/冯敏主编.-北京:海洋出版社,1996.8重印
ISBN 7-5027-0915-0

I.工… I.冯… III.工业用水-水处理-技术 IV.TQ0 85

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第14149号

海洋出版社 出版发行

(100860 北京市复兴门外大街1号)

北京兰空印刷厂印刷 新华书店发行所经销

1992年6月第1版 1997年1月北京第2次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:63

字数:1500千字 印数:1600—2600册

定价:110.00元

海洋版图书印、装错误可随时退换

工业水处理技术

主 编：冯 敏
主 审：石 松
主要编写人员：汤鸿霄 安鼎年 张行赫 过慕英 钱庭宝 金瑾临 袁维颖 华丽娟
金久远 王林坤 朱淑琴 金明伯 高绍敏 李仲鲁 聂成信 蒋如丰
姚福宝 呼丙辰 杨付臣 徐梅生 王世昌 张 洪 石 松 冯 敏
主要审核人员：汤鸿霄 安鼎年 章元琦 华丽娟 金瑾临 李仲鲁 徐 卫 王世昌

前 言

我国四个现代化的建设业已跨入了新的发展时期，各行各业对水的需求更为迫切。为广招水处理技术的应用，更好地为国民经济建设服务，我们组织编写了这本《工业水处理技术》。

本书介绍了各种水处理工艺和设备，特别是近年来国内外发展的水处理新技术，其中包括：反渗透、电渗析、多级闪蒸和多效蒸馏法水处理技术。书中在介绍水的离子交换工艺时，详尽地介绍了各种对流再生离子交换工艺，包括逆流再生床、浮床、移动床和混合床。书中介绍了离子交换树脂的种类、运行管理和调试方法，介绍了离子交换法软化系统和各种脱盐系统。

书中还介绍了水化学；水的预处理；沉淀法处理；中和法处理；液膜分离；电磁水处理；超滤和超纯水制备；锅炉给水、炉水和凝结水处理。书中对水的再利用、工业循环冷却水处理进行了详尽地介绍。书中列出了各种工业用水水质标准，给出了国内外主要水处理设备的特性和参数。

在水处理设计篇中，阐述了各种水处理系统的工艺设计和计算，叙述了对各种水处理方案的技术经济比较方法，并给出了各种方法的技术经济指标。

本书是由国内高等院校、科研、设计和生产部门约 40 多位有经验的水处理工作者编写成的。

本书的主编为水处理杂志编委、北京电力设计院高级工程师冯敏。

本书的主审是“水处理技术”杂志主编、副研究员石松。

参加本书审定工作的主要人员还有研究员、高级工程师、副教授等 8 人（详见卷首页）。

本书近 40 多位作者，他们分别来自：中国科学院北京环境化学研究所、中国科学院大连化学物理研究所、国家海洋局杭州第二海洋研究所、国家海洋局天津海水淡化研究所、水电部南京环境保护研究所、山东电力试验研究所、上海华东电力试验研究所、北京电力建设研究所、化工部晨光化工研究院、海拉尔电力试验所、天津大学（化工研究所、土木系）、南开大学、兰州铁道学院、大连工学院、哈尔滨建工学院、武汉水利电力学院。华北、华东、西北、西南、东北、湖南、中南电力设计院、铁道部第三设计院、航空部四院、北京化工设计公司、劳动部、城乡建设部、西安电力树脂厂、上海金山化工设计院等单位。

由于时间仓促，加之经验不足，书中缺点错误在所难免，希望读者提出宝贵意见。

1990. 4

目 录

第一篇 水化学

汤鸿霄 常 青 审核 汤鸿霄

第一章 水质指标和标准	(1)
1.1 天然水水质的形成	(1)
1.2 水的物理性质指标	(8)
1.3 水中无机物化学指标	(11)
1.4 水中有机物指标	(13)
1.5 天然水的物理化学特征	(16)
1.6 工业用水要求及水质控制标准	(21)
第二章 酸碱作用和 pH 值	(28)
2.1 电解质水溶液	(28)
2.2 酸和碱的电离平衡	(33)
2.3 酸碱溶液的 pH 值	(37)
2.4 缓冲溶液和盐的水解	(40)
2.5 碳酸平衡	(44)
2.6 pH 值调整	(47)
2.7 多元酸	(53)
第三章 化学沉淀和络合	(57)
3.1 溶解和沉淀	(57)
3.2 络合平衡	(63)
3.3 络合和沉淀	(69)
3.4 水的稳定性	(74)
第四章 氧化和还原	(80)
4.1 氧化还原平衡	(80)
4.2 化学氧化法	(85)
4.3 电位和电极反应	(86)

第二篇 工业用水的预处理

审定：安鼎年 袁维颖

序 言	冯 敏 (89)
第一章 水中悬浮物的预沉	(90)
1.1 自然沉淀——自由沉淀和拥挤沉淀	冯 敏 (90)
1.2 作为预沉池的自然沉淀池	冯 敏 (90)
1.3 斜板斜管沉淀	冯 敏 (92)
1.4 水中悬浮物的预沉方式和系统选择	冯 敏 (94)
1.5 井水除砂	冯 敏 (95)
第二章 混凝(凝聚和絮凝)	(95)

2.1	胶体及其稳定性	汤鸿霄	常 青	(95)
2.2	凝聚和絮凝	汤鸿霄	常 青	(97)
2.3	各类混凝剂及其混凝作用	汤鸿霄	常 青	(98)
2.4	混凝过程的强化方法	汤鸿霄	常 青	(100)
2.5	电凝聚		蒋如丰	(100)
2.6	药剂的制备和剂量		金明柏	(107)
第三章	混凝设备			(114)
3.1	混合器的主要形式和参数		冯 敏	(114)
3.2	反应器的主要形式和参数		冯 敏	(116)
第四章	澄清器			(117)
4.1	澄清器原理和种类		冯 敏	(117)
4.2	机械加速澄清池		蒋如丰	(118)
4.3	水力循环澄清池		蒋如丰	(128)
4.4	脉冲澄清池		金明柏	(135)
4.5	悬浮澄清池		蒋如丰	(141)
4.6	斜板、斜管在澄清池中的应用		蒋如丰	(146)
4.7	其他类型的澄清池		蒋如丰	(149)
第五章	气浮分离(上浮法净水)			(153)
5.1	原理		黄劲松	(153)
5.2	气浮式净水设备的种类		黄劲松	(154)
5.3	气浮式净水的特点及用途		黄劲松	(155)
5.4	设计与实用流程		黄劲松	(156)
第六章	过 滤			(157)
6.1	基本原理和过滤分类		冯 敏	(157)
6.2	单(双)阀滤池		金明柏	(158)
6.3	重力式自动滤池——无阀滤池		金明柏	(159)
6.4	重力式自动滤池——虹吸滤池		金明柏	(162)
6.5	重力式三阀自动滤池		朱淑琴	(165)
6.6	压力式过滤器和接触滤池		冯 敏	(171)
6.7	粒状过滤器的发展和国外新型过滤器		袁维颖	(174)
6.8	管式精密过滤器		冯 敏	(181)
第七章	氯 化			(185)
7.1	氯化原理	汤鸿霄	常 青	(185)
7.2	各种氯化剂	汤鸿霄	常 青	(187)
7.3	水的需氯量实验	汤鸿霄	常 青	张芳西 (188)
7.4	氯化工艺和设备		张芳西	(189)
第八章	吸 附			(192)
8.1	吸附过程原理		张俊贞	(192)
8.2	活性炭的种类和特性		张俊贞	(193)
8.3	活性炭的再生		冯 敏	(195)
8.4	大孔吸附树脂		张俊贞	(196)
8.5	吸附柱的设计与计算		张俊贞	(197)
第九章	除铁和除锰			(202)
9.1	铁和锰的化学	汤鸿霄	常 青	(202)
9.2	除铁和除锰的基本方法	汤鸿霄	常 青	(203)
第十章	天然水中有机物的去除			(205)

10.1	天然水中有机物的性质、种类和危害	安鼎年 (205)
10.2	有机物检测方法和鉴别	安鼎年 (207)
10.3	有机物的去除方法	安鼎年 (209)

第三篇 沉淀法水处理

第一章	石灰法处理——降低水中暂硬和碱度	张行赫 (214)
1.1	原理	(214)
1.2	石灰处理后澄清的水质	(214)
1.3	采用凝聚的范围	(216)
1.4	各种石灰处理工况	(216)
第二章	镁剂除硅	袁维颖 (217)
2.1	镁剂除硅的机理	(217)
2.2	镁剂除硅的系统	(217)
2.3	镁剂除硅的药剂	(218)
2.4	保证除硅效果的必要条件	(218)
第三章	石灰、苏打、磷酸三钠软化	张行赫 (219)
3.1	原理	(219)
3.2	加药量计算	(223)
3.3	系统	(223)
第四章	沉淀设备	张行赫 (223)
4.1	HHHH-IA 型澄清器	(223)
4.2	机械加速澄清器	(231)
4.3	快速反应器	(233)
第五章	纯石灰的制备与石灰处理系统	杨金旺 (236)
5.1	生石灰的制备	(236)
5.2	熟石灰的制备	(240)
5.3	石灰的计量	(247)
5.4	系统设计的注意事项	(250)

第四篇 离子交换法水处理

审定：金瑾临、朱淑琴、冯敏

第一章	国内外离子交换树脂及其特性	过慕英 (252)
1.1	我国离子交换树脂产品分类、命名及型号	过慕英 (252)
1.2	离子交换树脂的制造	过慕英 (253)
1.3	离子交换树脂的性能	张澄信 (256)
1.4	国产离子交换树脂的工作交换容量 计算图表和公式	(271)
第二章	国内外各种树脂综述	(275)
2.1	树脂按功能基分类	钱庭宝 (276)
2.2	树脂按骨架结构分类	钱庭宝 (277)
2.3	树脂按应用分类	钱庭宝 (291)
第三章	各种离子交换工艺和设备	(293)
3.1	顺流离子交换	袁维颖 (297)
3.2	固定式气水顶压和无顶压逆流再生床	金瑾临 (310)
3.3	固定式负压逆流再生床	姚荣右 (328)

3.4	双层床	高绍敏	(333)
3.5	浮床	张行赫	(345)
3.6	双室浮动床和双室逆流再生床	朱淑琴	(363)
3.7	移动床离子交换器	杨诗模	(371)
3.8	混合床、双流混床	张书芬	(377)
3.9	混床移动床	金明伯	(388)
3.10	流动床	廖天仕	(400)
3.11	大气式脱碳器	聂成信	(403)
3.12	真空除气器	高绍敏	(421)
第四章	水的离子交换软化法		(435)
4.1	单钠型离子交换系统	廖天仕	(435)
4.2	部分钠离子交换系统	廖天仕	(435)
4.3	钠离子交换加酚软化系统	廖天仕	(437)
4.4	氢、钠并联离子交换系统	廖天仕	(433)
4.5	足量酸氢、钠串联离子交换系统	廖天仕	(439)
4.6	不足量酸再生氢、钠串联离子交换系统	廖天仕	(442)
4.7	氢型与其后期钠运行并(串)联无盐再生软化系统	廖天仕	(442)
4.8	铵、钠离子交换系统	廖天仕	(444)
4.9	钠、氯型串联离子交换系统	廖天仕	(444)
第五章	离子交换脱盐系统		(445)
5.1	脱盐系统的再生工艺	华丽娟	(445)
5.2	工作周期的离子漏泄及运行终点	华丽娟	(448)
5.3	十个主要的除盐系统	华丽娟	(452)
5.4	使用十个除盐系统的简要说明	华丽娟	(455)
第六章	酸、碱、盐系统		(455)
6.1	盐系统	单定远	(455)
6.2	酸系统	单定远	(456)
6.3	碱系统	单定远	(460)
6.4	酸、碱、盐系统防腐和安全要求	单定远	(461)
6.5	酸、碱系统选用实例	单定远	(463)
第七章	离子交换设备的调试、技术管理和树脂性能测试		(463)
7.1	技术管理内容和再生剂单耗计算	陈松梅	(463)
7.2	离子交换树脂性能测试方法	陈松梅	(464)
7.3	新树脂的预处理	陈松梅	(465)
7.4	离子交换设备的调整试验	陈松梅	(465)
第八章	树脂的污染与复苏		(472)
8.1	树脂的污染	钱庭宝	(472)
8.2	树脂污染的减免	钱庭宝	(475)
8.3	树脂的超声清洗	钱庭宝	(487)

第五篇 水的电渗析法脱盐

审定：石松

第一章	离子交换膜	(489)
-----	-------	-------

	1. 1 离子交换膜的物理化学性能	张洪锦 (489)
	1. 2 离子交换膜交换容量的测试	张洪锦 (491)
	1. 3 膜的种类	李仲钦 (494)
第二章	电渗析脱盐的理论基础	(504)
	2. 1 多层电渗析脱盐原理	冯 敏 (504)
	2. 2 电渗析过程的几个物理化学基本概念	冯 敏 (505)
	2. 3 几个迁移过程及对膜性能的要求	冯 敏 (507)
	2. 4 膜的极化及其危害	冯 敏 (508)
	2. 5 电渗析过程中水的迁移及渗透	冯 敏 (510)
	2. 6 电流效率	冯 敏 (511)
第三章	电渗析器的构造和型式	(512)
	3. 1 隔板	张根生 (512)
	3. 2 电极与导水板	张根生 (515)
	3. 3 极框	张根生 (517)
	3. 4 电渗析器的组装	张根生 (518)
第四章	电渗析电极材料	(521)
	4. 1 电渗析电极应具备的主要条件	曲敬绪 (521)
	4. 2 钛(或钽)镀铂电极	曲敬绪 (521)
	4. 3 二氧化钨电极	曲敬绪 (522)
	4. 4 石墨电极	曲敬绪 (524)
	4. 5 不锈钢电极	曲敬绪 (524)
	4. 6 铅电极	曲敬绪 (525)
	4. 7 其他一些电极材料	曲敬绪 (525)
	4. 8 根据不同水质选择不同的电极材料	曲敬绪 (526)
第五章	我国电渗析设备的主要规格	(526)
	5. 1 电渗析设备的型式	冯 敏 (526)
	5. 2 单台设备的产水量和脱盐率	冯 敏 (532)
第六章	电渗析装置的极限电流及其测试	(533)
	6. 1 在小型试验装置上测出的极限电流及其特性曲线	冯 敏 (533)
	6. 2 浓差极化与异常极化时阴阳膜极化顺序的 计算及阴、阳膜对水解的影响	冯 敏 (539)
	6. 3 工业设备电渗析器的电压-电流特性曲线和极限电流的确定	冯 敏 (541)
	6. 4 工业装置极限电流的测定方法(电压-电流法)	冯 敏 (543)
	6. 5 水质和水温对极限电流影响的计算	宋序彤 (543)
第七章	电渗析脱盐的工艺系统和设计	(547)
	7. 1 工艺系统的设计内容	冯 敏 (547)
	7. 2 电渗析脱盐工艺系统	冯 敏 (548)
	7. 3 流程长度和脱盐率的关系	冯 敏 (552)
	7. 4 最佳脱盐率和最佳平均电流密度的选择	冯 敏 (555)
	7. 5 离子交换膜总面积、串联级数和每级膜对数的计算	冯 敏 (560)
	7. 6 每台设备的电极对数和膜对数	冯 敏 (561)
	7. 7 工艺系统的计算	冯 敏 (562)
	7. 8 电渗析系统主要附属设备的选择	冯 敏 (566)
第八章	海水淡化	(574)
	8. 1 海水的特性	石 松 (574)
	8. 2 电渗析海水淡化的特点和系统	石 松 (574)
	8. 3 电渗析海水淡化的展望	石 松 (580)

第九章	水的预处理和膜结垢的防止与去除	(580)
9.1	电渗析对进口水的水质要求指标	冯敏 (580)
9.2	水的预处理系统	冯敏 (581)
9.3	电渗析器结垢的原因	冯敏 (581)
9.4	电渗析器结垢的防止与去除	冯敏 (582)
第十章	电渗析设备的安装检修和运行	(584)
10.1	安装检修注意事项	张根生 (584)
10.2	故障及其处理	葛宝英 (584)
10.3	膜的污染、中毒和老化	叶婴齐 (586)
10.4	膜的维护、保养和复苏	叶婴齐 (587)
10.5	运行监督	叶婴齐 (588)
第十一章	电渗析技术在我国的应用概况	(588)
	前言	徐梅生 (589)
		郭九如
11.1	上海地区应用电渗析简况	葛宝英 (589)
11.2	京津地区电渗析技术应用概况	徐梅生 (592)
11.3	华北、西南地区电渗析技术应用概况	徐梅生 (596)
11.4	西北地区电渗析技术应用概况	宋序彤 (604)
11.5	内蒙古呼伦贝尔盟地区电渗析技术应用简况	马熙华 (607)
第十二章	国外电渗析技术	(609)
12.1	国外电渗析设备	姚复宝 (609)
12.2	国外电渗析脱盐厂	姚复宝 (614)
12.3	国外电渗析发展动向	姚复宝 (620)

第六篇 水的反渗透法脱盐

审定：石松

第一章	反渗透膜	(623)
	前言	郑领英 (623)
	1.1 膜的性能	郑领英 (623)
	1.2 膜的种类	郑领英 (624)
	1.3 国内外成品膜的性能一览	郑领英 (628)
第二章	反渗透膜的性能和工作参数	(631)
	2.1 反渗透膜的基本性能	呼丙辰 (631)
	2.2 原水浓度对膜性能的影响	呼丙辰 (633)
	2.3 渗透压和操作压力	(633)
	2.4 浓缩系数和回收率	呼丙辰 (634)
	2.5 水温和 pH 值对反渗透膜性能的影响	呼丙辰 (636)
第三章	平板式反渗透组件	(637)
	3.1 结构	王学松 (637)
	3.2 性能	(638)
第四章	管式反渗透组件	(638)
	4.1 结构	高志雄 (638)
	4.2 反渗透膜	高志雄 (640)
	4.3 性能	高志雄 (640)
	4.4 应用举例	高志雄 (640)
第五章	中空纤维反渗透组件	(641)

5.1	中空纤维反渗透组件的结构	杨付臣	(641)
5.2	中空纤维反渗透组件配置法	杨付臣	(649)
第六章	螺旋卷式反渗透装置		(652)
6.1	默顿 (Merten) 型	任德谦	(652)
6.2	东丽 (Toray) 型	任德谦	(654)
第七章	浓差极化		(654)
7.1	浓差极化		(654)
7.2	浓差极化与反渗透膜组件性能的定量关系		(655)
第八章	反渗透的预处理和膜清洗		(655)
8.1	反渗透预处理的必要性		(655)
8.2	导致反渗透组件结垢、污染、堵塞的原因和防止法	朱淑琴	(656)
8.3	预处理与膜清洗	朱淑琴	(658)
8.4	常见的预处理系统	朱淑琴	(660)
第九章	高压泵与能量回收		(662)
9.1	高压泵	呼丙辰	(662)
9.2	能量回收	呼丙辰	(663)

第七篇 水的蒸馏法脱盐

第一章	蒸馏法原理		(665)
1.1	多效蒸发	王世昌	(665)
1.2	多级闪蒸	王世昌	(667)
1.3	其他蒸馏方法	王世昌	(669)
第二章	多级闪蒸		(670)
2.1	多级闪蒸过程	王世昌	(670)
2.2	过程参数及其相互关系	王世昌	(675)
第三章	单效、二效和六效蒸发器		(678)
3.1	单效蒸发器和二效蒸发器	张培基	(678)
3.2	不同热力制水方式的热经济指标	张培基	(684)
3.3	六效蒸发器	张培基	(685)
第四章	多效蒸发		(689)
4.1	概述	张洪	(689)
4.2	多效蒸发流程和设备的分类	张洪	(690)
4.3	脱盐常用的几种蒸发器	张洪	(690)
4.4	VTE 多效蒸发计算举例	张洪	(694)
第五章	国外蒸馏淡化厂概况		(698)
5.1	发展概况	王世昌	(698)
5.2	国外蒸馏装置造价与淡化水成本	王世昌	(699)
5.3	国外电厂用蒸馏装置简介	王世昌	(701)

第八篇 水处理设计

第一章	水处理系统选择		(703)
1.1	系统选择的基本原则	冯敏	(703)
1.2	水汽质量标准	冯敏	(703)
1.3	锅内汽水分离系统及盐平衡	冯敏	(705)
1.4	汽水分离系统的选择及给水、炉水允许含盐量的确定	冯敏	(712)

1.5	根据机组型式、参数和原水水质选择水处理系统	冯 敏	(716)
第二章	水处理工艺计算		(722)
2.1	原水水质分析	华丽娟	(722)
2.2	常用水处理系统出水水质的计算	华丽娟	(724)
2.3	水处理系统的出力计算	华丽娟	(725)
2.4	水处理设备的选择计算	华丽娟	(728)
2.5	药液计量及储存	华丽娟	(743)
2.6	管道阻力计算及水泵选择	华丽娟	(748)
第三章	水处理方案的经济评价		(754)
3.1	概术	袁维颖	(754)
3.2	经济评价的基本原则	袁维颖	(754)
3.3	投资和运行费的简化计算方法	袁维颖	(761)
3.4	经济评价中电子计算机的应用	袁维颖	(766)
3.5	水处理系统经济评价的成果	袁维颖	(766)
第四章	水处理室和化验室布置		(780)
4.1	水处理室布置原则	高绍敏	(780)
4.2	几种常用的水处理室布置方案	高绍敏	(781)
4.3	化验室布置	高绍敏	(782)

第九篇 循环冷却水处理

第一章	循环冷却水系统		(788)
1.1	凝汽器(换热器)的传热和传热系数	王栋坤	(788)
1.2	凝汽器的清洁系数和污垢热阻	王栋坤	(790)
1.3	冷却塔中的传热和水工况参数	王栋坤	(791)
1.4	循环水中溶解盐类的浓缩	王栋坤	(793)
1.5	循环水中的杂质和水质计算	王栋坤	(794)
第二章	碳酸钙垢的形成	王栋坤	(797)
2.1	碳酸钙析出的水质准数	王栋坤	(797)
2.2	碳酸钙结晶的动力学过程	王栋坤	(801)
第三章	热力学法防止碳酸钙垢的形成		(801)
3.1	酸化处理	王栋坤	(802)
3.2	炉烟处理	王栋坤	(804)
3.3	沉淀法处理	王栋坤	(817)
3.4	离子交换法	王栋坤	(819)
第四章	动力学法防止碳酸钙垢的形成(阻垢剂处理)		(821)
4.1	阻垢剂化学	王栋坤	(821)
4.2	阻垢剂的阻垢机理	王栋坤	(827)
4.3	有关因素对阻垢剂阻垢效果的影响	王栋坤	(829)
4.4	阻垢剂处理	王栋坤	(835)
4.5	应用阻垢剂处理时提高循环水浓缩倍数的几种方法	王栋坤	(842)
第五章	腐蚀与缓蚀剂处理		(844)
5.1	循环冷却水系统中影响腐蚀的因素	王栋坤	(844)
5.2	冷却水系统中所用的金属材料	王栋坤	(845)
5.3	冷却水系统中金属腐蚀的类型	王栋坤	(846)
5.4	热交换器的防腐与缓蚀剂处理	王栋坤	(846)

5. 5	缓蚀剂的实际使用	王栋坤 (852)
第六章	生物污垢的形成及防止	王栋坤 (852)
6. 1	循环冷却水系统的微生物污染	王栋坤 (852)
6. 2	微生物的控制	王栋坤 (853)
6. 3	氯化处理	王栋坤 (855)
6. 4	无试剂处理	王栋坤 (856)
第七章	循环水处理的实验室模拟试验	(857)
7. 1	循环冷却水试验须模拟的现场工况	王栋坤 (858)
7. 2	模拟系统的设计和制作	王栋坤 (859)
7. 3	循环水处理的实验室模拟试验	王栋坤 (862)

第十篇 凝结水、给水、炉水处理

第一章	凝结水处理	金久远 (870)
1. 1	凝结水处理系统	(870)
1. 2	凝结水处理设备的选择	(879)
第二章	锅炉给水处理	袁维颖 (902)
2. 1	锅炉给水处理的目的	(902)
2. 2	锅炉给水处理的化学方法	(903)
2. 3	给水加药系统和设备	(906)
第三章	中压以上锅炉炉内水处理	袁维颖 (908)
3. 1	炉内水处理的目的	(908)
3. 2	炉内水处理的方法	(908)
3. 3	炉内加药系统和设备	(910)
第四章	低压锅炉炉内水处理	马 玉 (913)
4. 1	低压锅炉水质标准和炉内水处理应用范围	(913)
4. 2	炉内水处理的方法	(915)
4. 3	炉内水处理的加药方法	(919)
4. 4	炉内水处理方法的正确使用	(919)

第十一篇 中和处理和液膜分离

第一章	中和法处理酸碱废水	(921)
1. 1	酸碱废水处理的意义和废酸碱量的计算	黄劲松 (921)
1. 2	几种处理方法和工艺系统	黄劲松 (922)
1. 3	原水水质、再生比耗与废酸、碱处理的关系	黄劲松 (926)
第二章	液膜分离	(928)
2. 1	液膜分离的机理和应用	章元琦 (928)
2. 2	重金属的分离	李新培 (930)
2. 3	非金属的分离	戴志豪 (933)

第十二篇 自动控制和监测仪表

第一章	自动控制	(938)
1. 1	自动控制的意义	李仲鲁 (938)
1. 2	整套水处理装置运行流量的自动控制	李仲鲁 (938)
1. 3	水处理装置中各个单元过程的自动控制	李仲鲁 (939)
1. 4	几种程控装置简介	(944)

第二章	水处理监测仪表	(951)
2. 1	导电度表	李仲鲁 (950)
2. 2	pH 计	李仲鲁 (953)
2. 3	硅酸根表	李仲鲁 (954)
2. 4	阳、阴离子交换置失效监督仪	李仲鲁 (956)
第三章	热力系统汽水质量监督	(957)
3. 1	汽水质量监督的意义和要求	聂成信 (957)
3. 2	汽水取样系统的几个关键装置	聂成信 (958)
3. 3	几个典型的综合取样架系统	聂成信 (958)
3. 4	汽水取样装置系列配套范围和装配形式	聂成信 (969)

第十三篇 磁化处理和超纯水制备

第一章	超滤	(970)
1. 1	原理及浓差极化	张俊贞 (970)
1. 2	超滤膜	张俊贞 (971)
1. 3	超滤装置	张俊贞 (973)
1. 4	超过滤在水处理中的应用	张俊贞 (977)
第二章	磁力分离	(979)
2. 1	磁力分离原理	张芳西 (979)
2. 2	磁力分离设备	张芳西 (980)
2. 3	高梯度电磁分离器的应用举例	张芳西 (981)
第三章	磁化处理与磁化器	(983)
3. 1	磁化法原理	张芳西 (983)
3. 2	磁水器的类型与选用	张芳西 (983)
3. 3	磁水器安装使用要求	张芳西 (985)
第四章	超纯水制备	(985)
4. 1	超纯水水质标准	安鼎年 (985)
4. 2	超纯水处理工艺系统	安鼎年 (985)

第一篇 水 化 学

汤鸿霄 常 青

第一章 水质指标和标准

1.1 天然水水质的形成

1. 水的异常特性

水是最常见的物质，但它有许多与其他物质截然不同的异常特性。也正是由于这些特性，才使水在自然界和人类生活中起着巨大作用，成为决定自然和人类环境的主要因素之一。这些异常特性有以下几个方面：

(1) 常温附近有三态变化

水的熔点为 0°C ，沸点为 100°C ，水在常温下为液体，在自然环境中也可以固体存在，并有相当部分成为蒸汽，从而可以实现水的自然循环，在生产中也时常应用水的三态变化来转换能量。

如果 H_2O 同 H_2S 、 H_2Se 、 H_2Te 等相比， H_2O 有异常的高融点和高沸点，表 1.1.1-1 中所列 (H_2O) 一行为按规律推算应有的特征值，同实有特性相差甚远。

表 1.1.1-1 同水结构类似的物质特性

化合物	分子量	熔点 ($^{\circ}\text{C}$)	融解热 (千卡/克分子)	沸点 ($^{\circ}\text{C}$)	蒸发热 (千卡/克分子)	偶极矩 (D)
H_2O	18	0.0	1.44	+100	9.72	1.84
(H_2O)	18	-100	0.50	-80	3.00	—
H_2S	34	-85.5	0.57	-60.3	4.46	1.10
H_2Se	81	-65.7	0.60	-41.3	4.62	0.40
H_2Te	130	-51	1.00	-2.2	5.55	<0.20

(2) 温度-体积效应异常

水在 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ 内，温度升高而体积缩小，在 3.98°C 时有最大密度，定为 1.000克/厘米^3 。水在结冰时，体积膨胀，与一般物质不同。由此特性，才能在天然水体形成冬季冰盖，水下生物得以生存。压力升高，水的冰点略下降，热膨胀系数增大，都是异常现象。

(3) 热容量最大

在所有液体和固体物质中，水具有最大的比热，同时有很大的蒸发热和融解热。这使天然水体可以调节气候温度，同时，生产中水也成为冷却其他物体或者储存及传送热量的优良载体介质。

(4) 溶解及反应能力极强

水作为一种溶剂，是任何其他物质都不能与之相比的。水的溶解能力极强，而且由于介电常数很大，使溶质离解的能力也是极强的。水中溶解的物质可以进行多种化学反应，而且水本身与许多金属氧化物、非金属氧化物以及活泼金属等都可产生化合作用，其生成物再进一步参加不同物质的各种反应。水在许多方面还是一种催化剂，极微量的水有时会对反应的进行起重大作用。

(5) 界面特性突出

在所有常温下的液体中，除汞以外，水具有最大的表面张力，达到 72.75达因/厘米^2 (20°C)，而其他液体

• 达因已废除，1 达因 = 10^{-5} 牛顿。

大多只在 20—50 达因/厘米范围内。同时，水的各种界面特性如毛细、润湿、吸附等都是很突出的，这在各种物理化学作用以及自然界机体生命活动中起着显著影响。

(6) 有机物和生命物质中 H 的来源

生物从水分解取得 H 元素花费的能量最少，生命与水是不可分开的。

由此可见，水是具有如此众多异常特性的物质，没有水及其异常特性，也就没有现在的自然环境和人类社会。

水的常用物理化学常数列于表 1.1.1-2 中。

表 1.1.1-2 水的物理化学常数

分子量(H ₂ O)	18.016	融解热(冰)	0℃	饱和蒸气压	(大气压)
重量组成		卡/克	79.67	-10℃	0
氢	11.19%	千卡/克分子 ^①	1.437	0℃	0.0060
氧	88.81%	比热(卡/克)		10℃	0.0121
冰点	0.00℃	0℃	1.0073	20℃	0.0230
沸点	100.00℃	10℃	1.0012	50℃	0.1217
最大密度点	3.98℃	14℃	1.0000	70℃	0.3075
密度(克/厘米 ³)		20℃	0.9988	100℃	1.0000
冰-20℃	0.9403	30℃	0.9980	高压沸点	
-10℃	0.9126	50℃	0.9985	2 大气压 ^②	121℃
0℃	0.9167	70℃	1.0006	5 大气压	152℃
水 0℃	0.9999	100℃	1.0069	10 大气压	180℃
3.98℃	1.0000	蒸发热 100℃		20 大气压	213℃
10℃	0.9997	卡/克	539.0	30 大气压	235℃
20℃	0.9982	千卡/克分子	9.710	50 大气压	265℃
30℃	0.9957	电导率(姆欧·厘米 ⁻¹)		三相点	
50℃	0.9881	0℃	1.5×10 ⁻⁸	温度	0.0098℃
70℃	0.9778	18℃	4.3×10 ⁻⁸	压力	4.579 毫米汞柱
100℃	0.9584	25℃	6.2×10 ⁻⁸	临界常数	
汽 100℃	1 大气压	50℃	16.7×10 ⁻⁸	温度	374.2℃
0.5974×10 ⁻³		介电常数		压力	218.3 大气压
粘度(毫泊)		0℃	88.2	密度	0.324 克/厘米 ³
0℃	17.94	10℃	84.3	表面张力(达因/厘米)	
10℃	13.10	20℃	80.4	0℃	75.83
20℃	10.09	25℃	78.5	10℃	74.11
20.2℃	10.00	30℃	76.8	20℃	72.75
30℃	8.00	热导率(卡/厘米·秒·度)		30℃	71.04
50℃	5.49	0℃	0.00120	50℃	67.74
70℃	4.07	20℃	0.00143	70℃	64.27
100℃	2.84	75℃	0.00154	100℃	58.80

① 克分子已废除,1 克分子=1 摩尔。

② 大气压已废除,1 大气压=101325 帕斯卡。