

高等学校教材

水处理剂概论

► 李道荣 主编



化学工业出版社

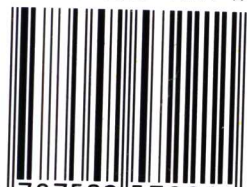
教材出版中心

高等学校教材

水处理剂概论

► 李道荣 主编

ISBN 7-5025-7221-X



9 787502 572211 >

ISBN 7-5025-7221-X

定价：35.00元

高等学校教材

水处理剂概论

李道荣 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

水处理剂概论/李道荣主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 6

高等学校教材

ISBN 7-5025-7221-X

I. 水… II. 李… III. 水处理剂-高等学校-教材 IV. TU991.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 063191 号

高等学校教材

水处理剂概论

李道荣 主编

责任编辑: 何 丽 满悦芝

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京密云红光印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 18½ 字数 461 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7221-X

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前言

水处理剂是实施水处理技术的重要材料。近年来水处理剂的发展已成为新材料领域中化工产品的一个重要分支,也是环保节水节能产业的重要组成部分。正确掌握与合理应用水处理剂对于保护水资源、改善水环境、实现经济和社会的可持续发展将起到积极的推动作用。

本书作为本专科学生的教材,重点介绍有关水处理及水处理药剂的基本知识、基本原理和一般水处理技术,并结合实际介绍水处理工艺及方法,同时介绍水处理及其药剂的发展动向。目前有关水处理及其药剂的出版物以资料或工具书虽多,而作为教材出版尚属首次。

全书共分5章。

第1章绪论,主要介绍水处理剂概况。

第2章水处理剂概述,介绍有关水处理剂的一般常识、作用原理、发展动向和评定方法。

第3章水处理基础,重点介绍废水的物理处理方法、化学处理方法、物理化学处理方法和生物处理方法。

第4章常用水处理剂,分别介绍各种水处理剂的性质、性能、制备方法、工业生产及产品等。

第5章行业水处理及药剂,介绍各行业水处理及处理剂应用的工艺方法等。包括锅炉给水、给水厂、游泳池水、景观用水、冷却水、空调水等给水处理及药剂,同时还重点介绍城市污水、医院污水、轻工、食品加工、冶金、化工、制药、印染废水处理及药剂。

本书第1章和第3章由李道荣编写;第2章的第1~4节由展海军编写;第4章的第1、2节由赵继红编写;第4章的第3~5节由邢维芹编写;第5章的第1~7节由张书良编写;第2章的第5~6节、第5章的第8~11节及附录由陆健红编写。全书由李道荣定稿。

由于作者水平有限,不妥之处可能难免,敬请读者批评指正。

编者

2005年2月

内 容 提 要

本书根据近年来高等院校环境专业课程的设置以及水处理及其药剂的发展,重点介绍有关水处理及其药剂的基本知识、基本原理和一般水处理技术,还结合实际介绍各个行业的水处理工艺及方法。全书注重理论联系实际,学以致用,同时介绍水处理及其药剂的发展动向。

本书可作为本专科院校环境工程相关专业的教材或教学参考书,也可供从事水处理工作的石油、化工、造纸、冶金、轻工酿造、纺织印染、环保、市政等行业的企业及研究设计部门的科研、设计、技术、管理和营销等人员阅读和参考。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 水处理剂概况	1
1.2 水处理剂的生产及应用概况	2
1.2.1 水处理剂的品种	2
1.2.2 中国水处理剂的生产	3
1.2.3 中国水处理剂与国外的差距	3
第 2 章 水处理剂概述	5
2.1 给水处理剂	5
2.1.1 阻垢剂及分散剂	5
2.1.2 缓蚀剂	10
2.1.3 复合水处理药剂	17
2.1.4 杀生剂	21
2.1.5 清洗剂	28
2.1.6 钝化处理剂和预膜处理剂	31
2.2 废水处理化学药剂	33
2.2.1 概述	33
2.2.2 微生物絮凝剂	36
2.2.3 天然高分子絮凝剂	39
2.3 水处理药剂制备及其特点	42
2.3.1 无机絮凝剂的制备及其特点	42
2.3.2 有机絮凝剂的制备及其特点	44
2.3.3 微生物絮凝剂的制备	47
2.4 絮凝剂应用技术	47
2.4.1 絮凝机理	47
2.4.2 药剂投加量的影响因素	54
2.4.3 投药方式及过程	55
2.5 国内外水处理药剂发展动向	57
2.5.1 絮凝剂	57
2.5.2 阻垢分散剂	60
2.5.3 缓蚀剂	61
2.5.4 水处理药剂新动向	61
2.5.5 铝盐药剂对环境的影响	61
2.6 水处理剂性能评定方法	62
2.6.1 缓蚀性能的测定方法	62
2.6.2 阻垢性能的测定方法	65

2.6.3 冷却水动态模拟试验方法	69
2.6.4 水的混凝、絮凝杯罐试验	79
参考文献	82

第3章 水处理基础 83

3.1 水的物理化学性质	83
3.1.1 水的性质	83
3.1.2 水的基础化学	84
3.1.3 水中的杂质及天然水的特性	89
3.2 水污染及废水处理方法	91
3.2.1 水污染及污染源	91
3.2.2 废水处理及其主要原则	92
3.2.3 水质指标	92
3.2.4 废水处理方法分类	94
3.3 废水的物理处理方法	95
3.3.1 重力分离法	95
3.3.2 离心分离法	97
3.3.3 过滤法	99
3.4 废水的化学处理方法	102
3.4.1 化学混凝法	102
3.4.2 中和法	103
3.4.3 化学沉淀法	105
3.4.4 氧化还原法	105
3.4.5 电解法	107
3.5 废水的物理化学处理法	109
3.5.1 吸附法	109
3.5.2 离子交换法	110
3.5.3 膜分离技术	112
3.5.4 高梯度磁分离方法	116
3.5.5 萃取、气提和吹脱	117
3.6 废水的生物处理法	118
3.6.1 活性污泥法	118
3.6.2 生物膜法	121
3.6.3 生物塘法	124
3.6.4 厌氧生物法	126

参考文献	129
------	-----

第4章 常用水处理剂 131

4.1 缓蚀剂	131
4.1.1 六偏磷酸钠	131
4.1.2 铬酸钠	133
4.1.3 重铬酸钠	134

4.1.4	重铬酸钾	135
4.1.5	硫酸锌	136
4.1.6	氯化锌	138
4.1.7	硅酸钠	139
4.1.8	亚硝酸钠	140
4.1.9	2-羟基膦基乙酸	142
4.1.10	苯并三氮唑	143
4.1.11	葡萄糖酸钠	144
4.1.12	水合肼	145
4.1.13	阻垢缓蚀剂Ⅱ型	146
4.1.14	阻垢缓蚀剂Ⅲ型	146
4.2	阻垢分散剂	147
4.2.1	1-羟基乙基-1,1-二膦酸	148
4.2.2	多元醇磷酸酯	150
4.2.3	聚丙烯酸	151
4.2.4	水解聚马来酸酐	153
4.2.5	马来酸酐-丙烯酸共聚物	155
4.2.6	丙烯酸-丙烯酸酯类共聚物	156
4.2.7	氨基三亚甲基膦酸	160
4.2.8	亚乙基二胺四亚甲基膦酸	163
4.2.9	2-膦酸基丁基-1,2,4-三羧酸	164
4.2.10	聚马来酸	166
4.2.11	木质素磺酸钠	168
4.2.12	腐殖酸钠	169
4.3	杀生剂	170
4.3.1	液氯	170
4.3.2	次氯酸钙(漂粉精)	172
4.3.3	漂白粉	173
4.3.4	次氯酸钠	174
4.3.5	亚氯酸钠	175
4.3.6	过氧化氢	177
4.3.7	过氧乙酸	178
4.3.8	臭氧	180
4.3.9	三氯异氰尿酸	182
4.3.10	二氧化氯	183
4.3.11	十二烷基二甲基苄基氯化铵	185
4.3.12	戊二醛	186
4.3.13	二氧化钛	187
4.4	清洗剂	189
4.4.1	盐酸	189

4.4.2	硫酸	191
4.4.3	硝酸	194
4.4.4	磷酸	195
4.4.5	氢氟酸	196
4.4.6	氨基磺酸	197
4.4.7	EDTA	198
4.4.8	氢氧化钠	199
4.4.9	碳酸钠	201
4.4.10	磷酸三钠	203
4.5	凝聚剂和絮凝剂	204
4.5.1	聚合氯化铝	204
4.5.2	硫酸铝	206
4.5.3	结晶氯化铝	207
4.5.4	硫酸铝钾	209
4.5.5	聚合硫酸铁	210
4.5.6	氯化铁	212
4.5.7	硫酸亚铁	213
4.5.8	聚丙烯酰胺	214
4.5.9	硫酸铝铵	216
4.5.10	聚二甲基二烯丙基氯化铵	217
4.5.11	单宁	218
	参考文献	219
第5章	行业水处理及药剂	221
5.1	给水厂水处理剂应用技术及主要设备	221
5.1.1	常用给水处理剂	222
5.1.2	给水药剂的投加	222
5.1.3	给水处理剂投加设备及药剂制备	224
5.1.4	给水处理中的消毒设备	228
5.2	锅炉给水处理剂的种类及其应用	229
5.2.1	工业锅炉水处理及锅内水处理药剂应用现状	229
5.2.2	传统锅内水处理药剂及作用	230
5.2.3	蒸汽冷凝水系统防腐药剂	231
5.2.4	有机阻垢剂的研究与应用	232
5.3	游泳池水和景观用水处理技术及药剂	233
5.3.1	游泳池水处理技术及药剂	233
5.3.2	景观用水处理技术及药剂	234
5.4	工业冷却水与空调水处理技术及药剂	235
5.4.1	工业冷却水处理技术及药剂	235
5.4.2	空调水处理技术及药剂	236
5.5	城市污水处理技术及药剂	238

5.5.1 城市生活污水处理方法 238

5.5.2 水处理剂的应用 239

5.5.3 絮凝剂的选择和投加 244

5.6 轻工废水处理技术及药剂 244

5.6.1 造纸废水处理及药剂 244

5.6.2 造纸工业废水的分类及其特征 245

5.6.3 造纸黑液的处理 245

5.6.4 中段水处理 246

5.7 食品加工废水处理技术及药剂 247

5.7.1 肉类加工废水处理技术及药剂 247

5.7.2 肉类加工废水处理工程实例 249

5.7.3 啤酒酿造废水处理技术及药剂 257

5.7.4 啤酒酿造废水处理工程实例 259

5.8 钢铁工业废水处理技术及药剂 267

5.8.1 焦化废水 268

5.8.2 高炉煤气洗涤水的处理 269

5.8.3 炼钢废水 270

5.8.4 轧钢废水处理 270

5.9 化工制药废水处理技术及药剂 271

5.9.1 物化处理技术 271

5.9.2 化学处理技术 272

5.10 纺织印染废水处理技术及药剂..... 273

5.10.1 印染废水特点..... 273

5.10.2 印染废水组成..... 273

5.10.3 印染废水治理方法..... 275

5.11 医院污水处理技术及药剂..... 277

5.11.1 医院污水水质情况分析..... 277

5.11.2 处理方法..... 278

5.11.3 医院污水处理设施的安全性..... 279

参考文献..... 279

附录 相关法律、法规与标准..... 281

1 目前与水有关的法律、法规与标准 281

2 相关标准 281

第1章 绪 论

1.1 水处理剂概况

中国是水资源短缺和污染比较严重的国家之一。1993 年全国总取用水量与 1980 年相比增加 18.43%，达到 $5255 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，人均用水量为 450 m^3 。用水结构发生很大转变，自 1980 年以来，全国农业灌溉和农村生活用水（统称农村用水）基本持平，而工业用水和城镇生活用水则有较大的增长。

1993 年黄河、淮河、海河三流域人均占有水资源量分别为 543 m^3 、 500 m^3 和 351 m^3 ，而人均用水量为 393 m^3 、 301 m^3 和 347 m^3 。国外学者认为，人均占有水资源量 1000 m^3 是实现现代化的最低标准。从现状和未来发展来看，中国北方黄河、淮河、海河三流域要达到人均占有水资源量 1000 m^3 是极其困难的，即使要达到 500 m^3 也需进行很大的投入。

从全国情况看，目前城市缺水严重，已造成严重的经济损失和社会环境问题。缺水城市分布将由目前集中在三北（华北、东北、西北）地区及东部沿海城市逐渐向全国蔓延。

节约用水、治理污水和开发新水源具有同等重要的意义。大力发展水处理化学品对节约用水、治理污水起着重要的作用。

水处理剂是工业用水、生活用水、废水处理过程中所必须使用的化学药剂。水处理剂包括凝聚剂、絮凝剂、阻垢剂、缓蚀剂、分散剂、杀菌剂、清洗剂、预膜剂、消泡剂、脱色剂、螯合剂、除氧剂及离子交换树脂。一般性的化学药品，如用于调整水的 pH 值的酸或碱，常常不认为是水处理剂。

水处理剂生产属于精细化工的范畴，相对于常用化学品，它具有精细化学品的许多特性，如生产规模一般不大，因此建厂设备投资少，产量小；产品品种多，品种的更新换代快；附加产值大；技术服务必不可少；各种产品，尤其是复配产品，具有很强的专用性。

目前，国外业已形成了水处理工业这一概念。按照美国工业分析专家 Jean M. Kennay 的观点，水处理工业可分为产品制造、服务和系统建设三个部分。

产品制造包括水处理设备和化学品制造，系统建设指水处理工程建设，服务指提供水处理技术服务。通常，化学品制造商也是服务商。

目前世界上水处理工业市场销售额约 300 亿美元，设备制造和系统建设约占该销售额的 73%，其余为化学品销售和技术服务营业额。化学品销售额约占 20%，估计不会超过 60 亿美元。

美国是世界上最大的水处理剂消耗国，其次是西欧和日本，详见表 1-1。

表 1-1 美国、西欧和日本水处理化学品用量 单位：亿美元

年 份	1993	1997	年 份	1993	1997
美国	18.21	21.49	日本	7.64	9.54
西欧	7.46	8.22	总计	33.31	39.25

1.2 水处理剂的生产及应用概况

1.2.1 水处理剂的品种

中国水处理药剂是在 20 世纪 70 年代引进大化肥装置后才引起重视和逐步发展起来的,此后也自行研制开发了一系列水处理剂。目前,中国水处理剂的品种主要有阻垢剂、缓蚀剂、杀菌灭藻剂、无机凝聚剂和有机絮凝剂等几大类。

(1) 阻垢剂

20 世纪 70 年代以来,中国在引进和消化吸收基础上开发和应用的水处理阻垢剂主要有两类,一类是有机膦酸盐,如 HEDP (羟基亚乙基二膦酸盐)、EDTMP (乙二胺四亚甲基膦酸盐) 以及 ATMP (氨基三亚甲基膦酸盐) 等;另一类是聚羧酸,如 PAA (聚丙烯酸)、HPMA (水解聚马来酸酐) 等水溶性聚合物。在水溶性聚合物或共聚物中,还有一个分支,即含磷聚合物。

(2) 缓蚀剂

无机盐类是相当重要的一类缓蚀剂品种。目前采用的铬系、磷系、锌系、硅系、钼系、钨系和全有机配方,系分别指在配方中采用了铬酸盐、磷酸盐、硫酸锌、硅酸盐、钼酸盐、钨酸盐和有机膦酸盐。全有机配方则不采用无机盐,特别是重金属无机盐,以降低药剂对环境的污染。在全有机配方中常以有机膦酸盐作缓蚀剂。芳香唑类是用于铜及其合金的缓蚀剂,国内常用的是苯并三氮唑和巯基苯并三唑。

(3) 杀菌灭藻剂

目前常用的水处理杀菌灭藻剂主要有两大类,即氧化型杀菌剂和非氧化型杀菌剂。氧化型杀菌剂中应用最广泛的是氯及其制品,如 NaOCl 、 $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 等。近年来 ClO_2 和氯胺的应用有所增加;臭氧和溴化物的应用也值得重视。另一类为非氧化型杀菌剂,目前国内使用较普遍的是季铵盐如十二烷基二甲基苄基氯化铵。二硫氰基甲烷和戊二醛是另外两类常用的非氧化型杀菌剂。

(4) 无机凝聚剂

作为低分子的无机凝聚剂,硫酸铝、硫酸亚铁和三氯化铁在水处理中仍占有较大的市场。无机高分子凝聚剂是一类新型的水处理药剂。近几年,无机凝聚剂发展迅速,目前主要品种有聚合氯化铝 (PAC)、聚合硫酸铝 (PAS)、聚合硫酸铁 (PFS) 和聚合氯化铁 (PFC) 几种。前 3 种都有定型产品,聚合氯化铁尚处于研制开发阶段。复合型无机高分子凝聚剂的开发是近年来发展的明显趋势,开发的复合品种很多,如阴离子复合型 (如 PAC 中引入 SO_4^{2-} 、PFS 中引入氯根等),阳离子复合型 (如 PAC 中引入 Fe^{3+} 等),多种离子复合型 (铁、硫酸根、氯根的复合),无机-有机复合型 (PAC 与聚丙烯酰胺复合) 等,如聚合氯化硫酸铁、聚合铝硅、聚合铝磷,聚合铝铁等。

(5) 有机絮凝剂

有机絮凝剂分为 4 类:合成高分子絮凝剂、天然高分子改性絮凝剂、微生物絮凝剂和多功能水处理剂。合成高分子絮凝剂主要是聚丙烯酰胺 (PAM) 及其衍生物。天然高分子改性絮凝剂包括淀粉、纤维素、含胶植物、多糖类和蛋白质等类别的衍生物,目前产量约占高分子絮凝剂总量的 20%。微生物絮凝剂是指利用某些微生物分泌的高分子物质作絮凝剂,中国科学院微生物研究所等单位已有良好的研究成果。

1.2.2 中国水处理剂的生产

表 1-2 是中国部分水处理药剂生产企业状况。从资料上看, 这些水处理化学品生产厂家多是集体经济, 经营规模多是小型。生产品种较为单一, 产能较小。其中武进精细化工厂和南京化工学院武进水质稳定剂厂是中国两家最大的水质稳定剂生产厂家, 1995 年水处理药剂产量均在 4000t 以上, 产品品种比较齐全, 覆盖面广, 并有部分出口。

表 1-2 中国部分水处理药剂生产企业情况^①

药 剂	生产厂家数量	生产能力/(t/a)	药 剂	生产厂家数量	生产能力/(t/a)
水处理化学品 ^②	50	28270	聚丙烯酰胺	27	7891
阻垢剂	13	2256	杀菌剂	10	1457
缓蚀剂	18	6299	净水剂	46	49928
分散剂	5	1665	除垢剂	16	4240
絮凝剂	14	5293	离子交换树脂	38	46580

① 数据取自第三次全国工业普查资料。

② 包括水处理药剂、水质稳定剂等。

1.2.3 中国水处理剂与国外的差距

中国水处理剂的生产和应用虽然起步较晚, 但由于不同水处理领域发展的历史背景不同, 因此对目前所体现的国内外差距不能一概而论。整体上看, 由于中国水处理剂生产装置是 20 世纪 70 年代以后陆续投产的, 其产品除少数是中国自行研制以外, 大部分是剖析、仿制或依据国外专利研制的, 再加上中国水处理剂工业发展历史较短, 科研经费有限, 因此具有基础薄弱、技术比较落后、整体水平不高的特点。按以下几方面分析国内外差距。

(1) 产量

与先进国家相比, 中国水处理剂的产量很低。美国 1997 年各种水处理剂销售总额约为 35.2 亿美元, 中国水处理剂的总产值与美国相差甚远。

(2) 品种

循环冷却水处理剂 主要包括缓蚀剂、阻垢剂、杀菌剂及配套的预膜剂、清洗剂和消泡剂等。大类品种国内基本配套齐全, 已能大量替代进口, 并能部分出口。通过对不同年代 3 次大型引进技术 (20 世纪 70 年代 13 套大化肥装置、80 年代的石油化工装置和 80 年代末的宝钢冶金装置的配套水处理技术) 的消化和开发, 大大缩短了中国与国外先进水平的差距, 基本掌握了国外一些著名的水处理公司如美国的 Nalco、Drew、Betz、日本的栗田、片山等公司的技术和配方特点。目前在品种上与国外的差距主要体现在新型水溶性共聚物、新型膦羧酸、氧化型杀菌剂和含溴杀菌剂上。“八五”期间虽经努力开发了某些新品种, 如 AA-STA (丙烯酸-磺化苯乙烯共聚物)、AA-AMPS (丙烯酸-磺化丙烯酰胺共聚物)、膦羧酸 (如 PBTC、HPA) 等, 但多半未形成生产规模。

杀菌剂 如工业用水杀菌剂, 目前中国投入生产用的仅液氯、季铵盐等少数品种, 而国外近几年发展了有机硫季膦盐、噻唑膦等。中国目前不少水处理剂在乡镇企业生产, 部分产品质量得不到保证。

有机高分子絮凝剂 品种单一, 除聚丙烯酰胺外, 只有聚丙烯酸钠和少量聚胺; 聚丙烯酰胺的系列化水平很低。高相对分子质量和超高相对分子质量品种、低毒品种和阳离子品种 (特别是粉末产品) 远落后于国外。

总体看, 中国已经具有配套的、系列化的水处理剂品种, 各个类别国外有的, 国内基本

也有。但值得指出的是，国外上述品种很多是系列产品，有很多专用的品种，而国内一般只有 1~2 种。

(3) 质量

中国的水处理剂约 80%是由乡镇企业生产的。经过长期发展，出现了一批在生产技术及设备、生产规模及管理上达到相当水平的优秀企业，但从整体看，随着乡镇企业潜力的枯竭，管理的滑坡，有不少企业的产品质量有待提高。从全行业看，各家产品质量参差不齐，致使整体质量欠佳。

但以国内先进水平而论，则情况有所不同。循环冷却水处理剂，就国内某些主要生产厂来说，其生产技术水平虽不能与国外先进水平全面相比，但其产品质量与国外相差不很大，有的品种质量与国外产品完全相当或超过国外产品，打入了国外市场。

我国有机高分子絮凝剂除品种少外，在相对分子质量、毒性和速溶性等方面也体现了质量上的差距，这些差距在水处理剂中还是很突出的。

(4) 应用与技术服务

水处理技术应用面不够广，中小型企业应用较少。如不少企业至今仍采用直流式冷却水，耗水量普遍高于国外水平，如表 1-3 所示。并且，水的重复使用率低，如我国目前城市用水的重复使用率为 45%左右，而美国 1985 年即达 75%，日本则为 82.5%。

表 1-3 国内外有关产品吨耗水量比较 单位：t/t

产 品	合成氨	钢 铁	火力发电 /[t/(kW·h)]	造 纸	啤 酒
国外水平	<20	<5.5	$(4\sim6)\times10^{-3}$	200	<10
国内水平	300~500	25~56	$(1\sim1.3)\times10^{-2}$	450~500	20~60

国内各生产厂都有自己的技术服务队伍，针对用户的水质、材质、工艺，提供应用配方、适用药剂和使用方法。许多大的用户，如石化厂、大化肥厂也有自己的水处理队伍和仪器设备，并在技术服务方面，尤其对冷却水处理积累了较丰富的经验。目前的问题是，技术服务的对象和内容尚有局限性，一是在行业方面，如对电力、洗煤、造纸行业还缺乏经验；二是在污水处理方面，还不能满足各种污水处理的要求。

第2章 水处理剂概述

水处理剂是工业用水、生活用水、废水处理过程中所需使用的化学药剂。经过这些化学药剂的处理,使水达到一定的质量要求。水处理剂的主要作用是控制水垢、泥污的形成,减少泡沫,减少与水接触材料的腐蚀,除去水中悬浮固体和有毒物质,除臭、脱色,软化和稳定水质等。本章简要介绍水处理剂的一般性常识、作用原理、发展动向和评定方法。

2.1 给水处理剂

根据锅炉用水、工业冷却用水及空调用水等的要求,常用的水处理药剂分为阻垢剂与分散剂、缓蚀剂、杀生剂、复合水处理剂、清洗剂等几大类。

2.1.1 阻垢剂及分散剂

向给水中投加某些化学药剂阻止水垢的形成、沉积或增加碳酸钙的溶解度,使其在水中呈分散状态不易沉积,这些药剂统称为阻垢剂或分散剂。在工业上常用的形式主要有阻垢缓蚀剂和阻垢分散剂两种。

作为阻垢剂它们都具有如下所述的作用机理。

① 螯合性 阻垢分散剂(简称阻垢剂)的分子能与水中离子形成螯合物(如EDTA可与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 形成螯合物),而这种螯合物往往是可溶于水的,因而可防止这些离子生成可沉积的化合物。例如, CaSO_4 在 25°C 时的正常溶解度为 2100mg/L ,当加入微量的AT-MP后,其水溶液含有 6500mg/L 的 CaSO_4 仍不产生沉淀。因为有机膦酸盐的加入,使得水溶液中某种过饱和浓度的物质不致沉淀。

② 分散性 阻垢分散剂具有分散作用,其分子可以吸附在晶核或晶体粒子周围,其极性部分面向水相,非极性部分吸附在颗粒外侧,这样粒子都带有微弱的负电荷。由于电荷排斥粒子,使粒子不易因碰撞而凝聚,也不易长大。

③ 晶格歪曲作用 水垢结晶成长过程中,抑制剂被吸附在结晶成长格子中,此吸附作用会改变结晶正常形态,而阻碍其成长为较大结晶。

由于晶格中吸附有阻垢分散剂分子,大大破坏了结晶的规整性,使结晶的晶格变形,导致水垢结晶的强度降低,变得较为松散而易被水流冲刷,将水垢从传热表面剥落。

2.1.1.1 阻垢缓蚀剂

阻垢缓蚀剂的主要类型有:无机聚合磷酸盐、有机多元膦酸、葡萄糖酸和单宁酸等。阻垢剂的分子结构中一般都含有多种官能团,在水体系中表现为螯合、吸附和分散作用,能发挥水处理剂的“一剂多效”功能,即一种药剂同时具备阻垢、缓蚀、絮凝、杀菌、分散等性能中的两种或两种以上的作用效果。阻垢缓蚀剂就是指同时具备阻垢和缓蚀两种作用的水处理剂,而在众多的水处理剂品种中,最典型的兼具缓蚀和阻垢作用的药剂是含磷化合物。

(1) 聚磷酸盐

聚磷酸盐有三聚磷酸钠和六偏磷酸钠。三聚磷酸钠分子式为 $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ，六偏磷酸钠的分子式为 $(\text{NaPO}_3)_6\text{ONa}_2$ ，它是偏磷酸钠 (NaPO_3) 聚合体的一种。

聚磷酸盐阻垢作用的机理：聚磷酸盐在水中形成的长链状阴离子被吸附在碳酸钙晶体颗粒上，并与 Ca^{2+} 离子发生置换，由于这种反应发生在钙离子表层，因而阻止了碳酸钙的析出。还有一种晶体畸变理论认为：碳酸钙是一种结晶体，由带正电荷的 Ca^{2+} 和带负电荷的 CO_3^{2-} 彼此结合，并按一定的方向成长。加入聚磷酸盐可与水中钙离子螯合，抑制了晶体的成长，同时还可与附着在管壁上的 Ca^{2+} 、 Fe^{3+} 等离子形成络合物或螯合物，使这些附着物重新分散到水中。此外因聚磷酸盐可发生水解反应，生成正磷酸盐，还可作缓蚀剂用。聚磷酸盐的水解速度与浓度、温度、pH 值有关。浓度和水温升高，水解速度加快，当 pH 值大于 7.5 或小于 6.5 时水解速度也会加快。另外，给水系统中微生物分泌的磷酸钙也会使磷酸盐水解。

聚磷酸盐的水解产物正磷酸盐易和水中的钙离子生成磷酸钙水垢，而且正磷酸盐又是微生物的营养源，因此若长期使用聚磷酸盐，就必须采取灭藻杀菌的有效措施，否则微生物会大量繁殖，产生软垢。因此，使用复合磷酸盐阻垢剂比单独使用聚磷酸盐有更多的优势。

(2) 有机膦酸

有机膦酸的化学稳定性好，不易水解，耐高温，阻垢性能比磷酸盐好。有机膦酸属于无毒或极低毒的药剂，无环境污染问题。

有机膦酸与多种药剂有良好的协同效应，协同使用的效果比任何一种药剂单独使用的效果都好。因此，在使用中可根据水质情况选择有最佳协同效果的复合配方。

有机膦酸的种类很多，在分子结构中都含有膦酸基团，下面介绍几种在循环冷却水处理中常用的有机膦酸药剂。

① ATMP 化学名称为氨基三亚甲基膦酸，英文名称 Amino trimethylene phosphonic acid，ATMP 是英文名称的缩写。

ATMP 具有稳定的化学结构，是有机膦酸中最常用的水处理药剂之一。实验数据表明，ATMP 对抑制碳酸钙水垢特别有效，是此类药剂中对碳酸钙阻垢效果最好的药剂之一。用 ATMP 作鱼的毒理实验，对刺鱼及胖头鱼的 TL_{50} 值均为 100mg/L ，基本上属于无毒物质。

② EDTMP 化学名称为乙二胺四亚甲基膦酸，英文名称 Ethylene diamine tetremethylene phosphonic acid。EDTMP 能与多价离子 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 等形成稳定的大分子络合物；形成的这些大分子络合物常是疏松的、立体的双环或多环结构，可以分散进入钙垢中，使硬变软。EDTMP 对抑制碳酸钙、水合氧化铁和硫酸钙等水垢都有效，尤其对稳定硫酸钙的过饱和溶液最为有效，并且在 200°C 高温下也不分解，可用于低压锅炉作炉内水处理使用。

EDTMP 无毒，国外曾用作牙膏添加剂，以防止磷酸钙在牙齿上沉积。

③ HEDP HEDP 化学名称为羟基亚乙基二膦酸，英文名称 1-Hydroxyethylidene 1,1-diphosphonic acid。

HEDP 的抗氧化性比上述两种有机膦酸好。HEDP 也能与金属离子形成环状螯合物，并且有临界值效应和协同效应，对抑制碳酸钙、水合氧化铁等析出或沉积都有很好的效果，