

化学絮凝剂 作用原理

徐晓军 等 编著



科学出版社
www.sciencep.com

化学絮凝剂作用原理

徐晓军 等 编著

科学出版社

北京 |

内 容 简 介

本书以胶体化学和表面化学为基础,通过对水中污染物及其性质、絮凝剂絮凝作用原理、絮凝过程及动力学、无机和有机高分子絮凝剂结构特性及合成方法、絮凝分离过程及设备等方面的阐述,系统全面地分析和介绍了化学絮凝剂的作用原理、污染物性质、化学絮凝剂合成方法与应用特点。

本书可作为与水处理、絮凝、颗粒表面絮凝处理有关的环境工程、矿物加工、化学化工、石油、湿法冶金、食品加工等专业的科研、工程技术人员用书,也可作为相关专业大学生、研究生学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

化学絮凝剂作用原理/徐晓军等编著. —北京:科学出版社,2005

ISBN 7-03-015823-7

I. 化… II. 徐… III. 絮凝剂 IV. TQ047.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 071802 号

责任编辑:朱 丽 / 责任校对:张 琪
责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 10 月第 一 版 开本:B5(720×1 000)

2005 年 10 月第一次印刷 印张:17 3/4

印数:1—2 000 字数:341 000

定价:36.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

序

当今世界水污染严重，特别是许多工业污水含有有毒有害物质，对水体生物及人体健康造成了严重的危害。目前已有 80 个国家约 20 亿人缺水，水污染造成的水资源短缺和“水质型”缺水已成为各国迫切需要解决的问题。

化学絮凝是水处理和水污染控制的重要单元操作及方法之一，通常也是必不可少的部分，在水处理中占有极其重要的地位。在水处理中，化学絮凝主要是去除水中悬浮胶体及颗粒，具有很好的除油除藻功能；同时还具有去除有机物、重金属和放射性等毒性物质，致病微生物等作用。絮凝剂还可用于调理污泥，降低污泥含水量。因而研究化学絮凝原理及其方法对水处理及相关领域发展具有极其重要的意义。

化学絮凝在水处理、化学化工、矿物加工、石油和冶金等行业具有较悠久的历史。《化学絮凝剂作用原理》一书综合了水处理、矿物加工、化学化工和湿法冶金等学科中的相关絮凝科学理论与技术，以胶体化学和表面化学为基础，通过对水中污染物性质、絮凝剂絮凝作用机理、絮凝过程及动力学、无机和有机高分子絮凝剂结构特性及合成方法、絮凝及分离过程和设备等方面的总结和论述，较全面系统地介绍和分析了污染物性质、化学絮凝剂的作用原理、合成方法和应用特点，使化学絮凝理论与应用体系更加系统完整，对于推动水处理等相关领域中的絮凝科学发展具有积极的指导作用。

为了表示对徐晓军等教师的关怀和大力支持，我特为该书作序，以表达衷心的祝愿。

中国工程院院士

2005 年 4 月 21 日

前 言

化学絮凝科学理论和方法的研究一直是水处理的重要研究领域,也是水处理中必不可少的单元操作之一。化学絮凝主要是去除水中由不溶性物质形成的胶体及悬浮颗粒,具有除浊除藻功能;同时具有去除水中有毒有机物、重金属、致病微生物和放射性物质等作用,还可用于污泥脱水。对于某些溶解性物质,可以先采用某些方法将其变为胶体物质,然后再用絮凝法将其除去。另外,在某些情况下,絮凝作用所形成的絮体会将一些溶解性物质吸附于其上而发生吸附性絮凝现象;但想用单一的化学絮凝方法直接去除水中的溶解性杂质,目前还难以取得特别有效的结果。

化学絮凝是一种古老的方法,具有较悠久的发展历史。近40年来,絮凝科学理论与技术在水处理、化学化工、矿物加工、石油和冶金等行业得到了迅速发展。在我国,王淀佐、汤鸿霄和李圭白等院士、高廷耀、王晓昌、卢寿慈、陆柱、严瑞暄、常青、高宝玉、李凤亭等教授在不同领域为絮凝科学理论与技术的发展做出了极大贡献,与国内外学者和科研工作者一起为絮凝科学的发展奠定了基础。

本书分为7章,主要总结和阐述了化学絮凝剂的作用原理、污染物溶液化学性质、絮凝剂结构特性和合成方法及絮凝与分离技术等方面的内容,力求做到理论与实践并重,同时反映当前国内外的研究成果与发展趋势。本书试图形成更加系统完整的絮凝科学理论与应用体系,为推动絮凝科学理论与技术的发展做出一份贡献。

本书由徐晓军教授定纲定稿,第1章由徐晓军、刘祥义编写,第2、3、4、7章由徐晓军编写,第5章由张艮林编写,第6章第3、4节由刘祥义、徐晓军编写,其余部分由刘祥义编写。本书的部分研究成果得到了云南省教育厅和青岛市科技局的项目支持;青岛理工大学和昆明理工大学对本书的出版给予了大力支持;李圭白院士为本书作序;青岛科技局徐法坚副局长和褚晓明处长给予了支持和鼓励;昆明理工大学刘邦瑞和宁平教授、青岛科技大学唐林生教授、青岛理工大学管锡珣教授、孔令双和宋志文副教授、中山大学魏在山博士对本书提出了许多宝贵意见;查湘义同学和张艮林博士为本书的录入,科学出版社对本书的出版

都做了大量工作，付出了辛勤劳动，在此一并表示衷心感谢。

由于作者水平有限，时间仓促，书中疏漏和不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

作 者

2004 年 12 月于青岛理工大学

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 水	1
1.1.1 自然界中的水	1
1.1.2 现代生活与水污染	3
1.1.3 水质指标	4
1.1.4 水质标准	10
1.2 化学絮凝在水处理中的地位与作用	11
1.2.1 化学絮凝在水处理中的重要性	11
1.2.2 水中污染物的颗粒性质及分离方法	13
1.3 化学絮凝剂的分类与类型	13
1.3.1 定义及分类	13
1.3.2 无机絮凝剂	15
1.3.3 有机高分子絮凝剂	16
1.3.4 微生物絮凝剂	18
1.3.5 助凝剂	19
主要参考文献	19
第 2 章 水中污染物及性质	21
2.1 水的基本性质	21
2.1.1 水分子的性质及结构	21
2.1.2 水中物质与水分子的作用	22
2.2 水中污染物及性质	27
2.2.1 水中污染物的形态	28
2.2.2 水中污染物类型	28
2.2.3 水体中的胶体物质及类型	32
2.3 污染物颗粒的表面电性	35
2.3.1 污染物颗粒表面电荷的起源	35
2.3.2 水中颗粒表面双电层结构及电位	38
2.3.3 表面双电层的计算	42
2.3.4 表面动电现象	46

2.4 污染物颗粒表面的吸附现象	47
2.4.1 吸附的分类	47
2.4.2 无机离子的吸附	48
2.4.3 有机高分子的吸附	51
2.4.4 等温吸附方程	55
2.5 污染物颗粒间的相互作用	57
2.5.1 范德华作用	57
2.5.2 污染物颗粒间的静电作用	61
2.5.3 表面水化膜对污染物颗粒间作用的影响	67
2.5.4 位阻及穿插作用对污染物颗粒间作用的影响	67
主要参考文献	70
第3章 絮凝剂絮凝作用原理	72
3.1 分散与聚集	72
3.1.1 分散状态	72
3.1.2 聚集状态	72
3.2 无机絮凝剂凝聚作用机理	73
3.2.1 凝聚理论	73
3.2.2 无机絮凝剂作用机理	79
3.3 高分子絮凝剂絮凝作用机理	86
3.3.1 絮凝剂的絮凝作用	86
3.3.2 不同类型絮凝剂的吸附机理	87
3.3.3 吸附基团的键合作用机理	89
3.3.4 絮凝剂的电中和作用	91
3.3.5 高分子絮凝剂的其他作用	92
3.4 助凝剂的助凝作用及机理	93
3.5 絮凝剂的复配使用	94
3.5.1 絮凝剂复配使用的协同效应	94
3.5.2 絮凝剂的复配使用方法	96
主要参考文献	97
第4章 絮凝过程及动力学	99
4.1 絮凝过程	99
4.2 异向絮凝动力学	100
4.3 层流中的同相絮凝动力学	100
4.4 湍流中的同相絮凝动力学	104

4.4.1 湍流的一般概念	104
4.4.2 胶体或微粒在湍流中的运动	105
4.4.3 胶体或微粒在湍流场中的碰撞效率	106
4.4.4 湍流场中絮团形成速度	107
4.5 絮体形成过程动力学	108
4.5.1 絮体强度	108
4.5.2 絮体破坏的动力学方程	110
4.5.3 微尺度涡旋模型	115
4.6 影响絮凝过程的主要因素	116
4.6.1 絮凝剂性质	116
4.6.2 絮凝过程工艺条件	117
主要参考文献	119
第5章 无机盐类絮凝剂	121
5.1 概述	121
5.2 无机絮凝剂分子组成与性能	122
5.2.1 无机酸碱 H^+ 和 OH^- 的作用	122
5.2.2 絮凝剂离子是胶体或微粒的定位离子	122
5.2.3 絮凝剂离子仅是静电作用离子	122
5.3 溶液化学特性与絮凝效果	124
5.3.1 水解与聚合	124
5.3.2 溶解与沉淀平衡	130
5.3.3 化学絮凝图解法——pMe-pH 图	132
5.3.4 铁盐和铝盐溶液化学性能比较	137
5.4 普通低分子无机絮凝剂的制备与应用	138
5.4.1 铁系絮凝剂	138
5.4.2 铝系絮凝剂	140
5.4.3 其他低分子无机絮凝剂	141
5.4.4 铁盐和铝盐絮凝性能比较	145
5.5 简单无机高分子絮凝剂	147
5.5.1 阳离子型无机高分子絮凝剂	147
5.5.2 阴离子型无机高分子絮凝剂	151
5.6 阳离子复合型无机高分子絮凝剂	154
5.6.1 铝铁复合絮凝剂	154
5.6.2 聚磷铁絮凝剂	155

5.6.3 聚硫(磷)氯化铝	156
5.7 聚硅酸金属盐复合型高分子絮凝剂	157
5.7.1 概述	157
5.7.2 聚硅酸金属盐絮凝剂的性质	158
5.7.3 聚硅酸铁盐絮凝剂制备	160
5.7.4 聚硅酸铝盐絮凝剂的制备	161
5.7.5 聚硅酸铝铁絮凝剂的制备	165
5.7.6 聚硅硫酸铁铝的形态分布	167
主要参考文献	169
第6章 有机高分子絮凝剂	171
6.1 天然有机高分子絮凝剂	171
6.1.1 概述	171
6.1.2 改性淀粉絮凝剂	173
6.1.3 改性纤维素絮凝剂	178
6.1.4 改性壳聚糖絮凝剂	179
6.1.5 其他天然高分子絮凝剂	181
6.2 合成有机高分子絮凝剂	182
6.2.1 概述	182
6.2.2 合成有机高分子絮凝剂的结构与性能	183
6.2.3 合成有机高分子絮凝剂的制备方法	185
6.2.4 聚丙烯酰胺絮凝剂	189
6.2.5 高相对分子质量聚丙烯酸(钠)	195
6.2.6 聚二甲基二烯丙基氯化铵类絮凝剂	201
6.2.7 其他人工合成的有机高分子絮凝剂	206
6.3 无机与有机高分子絮凝剂复配使用	208
6.3.1 有机和无机絮凝剂的性能比较	208
6.3.2 有机和无机絮凝剂的联合使用	208
6.4 微生物絮凝剂	211
6.4.1 微生物絮凝剂的种类和组成	212
6.4.2 微生物絮凝剂的制备	213
6.4.3 生物絮凝剂的絮凝机理	216
6.4.4 影响絮凝效果的因素	218
6.4.5 微生物絮凝剂的应用	218
6.4.6 生物絮凝剂研究发展趋势	220

6.5 有机絮凝剂的研究发展趋势	222
6.5.1 新型阳离子型高分子絮凝剂	222
6.5.2 两性高分子絮凝剂	222
6.5.3 乳液型高分子絮凝剂	224
6.5.4 微乳液型高分子絮凝剂	224
6.5.5 水包水乳液聚合物	225
6.5.6 梳形聚丙烯酰胺共聚物	226
主要参考文献	226
第7章 絮凝及分离过程和设备	230
7.1 配药和加药计量控制	230
7.1.1 絮凝剂溶液的制备	230
7.1.2 絮凝剂溶液的供给	233
7.1.3 絮凝剂加药计量与控制	233
7.2 絮凝反应过程与设备	237
7.2.1 絮凝剂与水的混合	237
7.2.2 絮凝反应过程与设备	244
7.3 絮体固液分离过程与方法	248
7.3.1 絮体固液分离	248
7.3.2 絮体固液分离设备及分类	255
7.3.3 絮凝沉降分离澄清设备	259
7.4 其他分离方法	267
7.4.1 磁性分离	267
7.4.2 气浮分离	268
7.4.3 电分离	270
主要参考文献	270

第 1 章 概 述

1.1 水

1.1.1 自然界中的水^[1,2]

1.1.1.1 水的分布

水起源于地球形成的初期。地壳大规模的活动释放出大量挥发性气体（主要成分是水蒸气、氮气、氧气、二氧化碳和其他微量气体），并在地球表面形成大气层。高层水蒸气凝结为液态水和固态冰雪降落到地壳表面在地表形成地表水和地下水，流水汇集到地壳低洼地区形成海洋和湖泊。

地球表面、大气层中、岩石圈内和生物体内各种形态的水，包括大气水、冰川水、海洋水、湖泊水、沼泽水、河流水、地下水、土壤水和生物水，在全球形成一个完整的水圈系统。水圈中的水约为 $1.386 \times 10^{18} \text{ m}^3$ ，其中约有 $1.338 \times 10^{18} \text{ m}^3$ 分布在面积为 $3.61 \times 10^8 \text{ km}^2$ 的海洋中，占全球水总储量的 96.5%；在 $1.49 \times 10^8 \text{ km}^2$ 陆地上的各种水体的储量约为 $4.8 \times 10^{16} \text{ m}^3$ ，仅占全球水总储量的 3.5%；大气水和生物体内的水约为 $1.4 \times 10^{13} \text{ m}^3$ ，只占 0.001%。

在陆地水储量中，有 $3.503 \times 10^{16} \text{ m}^3$ 为淡水，占 73%，为全球水储量的 2.53%。在陆地淡水中，只有 30.4%（即 $1.065 \times 10^{16} \text{ m}^3$ ）分布在湖泊、沼泽、河流、土壤和地下 600m 以内含水层中，其余 69.6% 分布在两极冰川与雪盖、高山冰川和永久冻土层中，难以被利用。

由大气降水和高山冰川融水形成的河川径流量，以及由降水补给的浅层地下水，基本上反映了动态水资源的数量和特征，所以世界各国通常用河川径流量近似表示动态水资源量。根据水文测验资料以及与径流有关的因素推算，全世界平均径流总量为 $4.68 \times 10^{13} \text{ m}^3$ ，其中河川径流量为 $4.45 \times 10^{13} \text{ m}^3$ ，冰川径流量为 $2.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。河川径流中有 $1.0 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 进入内陆湖， $4.35 \times 10^{13} \text{ m}^3$ 流入海洋。径流量的地区分布与人口分布并不相适应，有人居住和适合人类活动的地区，年径流量约为 $1.9 \times 10^{13} \text{ m}^3$ ，占世界径流总量的 40.6%。

由于自然条件差别很大，各大洲的降水、径流的地区分布也很不均匀。在大洋洲各岛屿上，水资源最为丰富，平均年降水量达到 2 700mm，年径流量超过

$2.09 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。其次为南美洲，水资源也较丰富，降雨约相当于全球陆地平均值的两倍，平均年降水量为 1596mm，年径流量为 $11.76 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。非洲年降水量虽然接近全球陆地平均值，约 740mm，但有大面积的沙漠，年径流量不到全球平均水平的一半，仅为 $4.57 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。欧洲、亚洲、北美洲的年降水量和年径流量均接近全球陆地平均值，水资源条件中等。澳大利亚是水资源最贫乏的大陆，平均年降水量约 460mm，年径流量只有 $0.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，有 2/3 的面积年降水量不足 300mm，为无永久性河流的荒漠、半荒漠。南极洲降水量很少，年平均只有 165mm，没有一条永久性河流，然而却以冰川的形态储存了地球淡水总量的 62%。

世界各国拥有的水资源量巴西居第一位，其次是俄罗斯、加拿大、美国、印度尼西亚和中国。这 6 个国家的年径流量共计为 $2.15 \times 10^{13} \text{ m}^3$ ，占世界年径流总量的 46%。大洋洲各岛屿人均拥有水量最大，为 $2.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ ；最少为亚洲，人均拥有水量为 5031 m^3 。中国人均拥有水量为 2474 m^3 ，仅为世界人均拥有水量 9531 m^3 的四分之一。

1.1.1.2 水的循环

1. 水的自然循环

水在自然界的循环包括自然循环和社会循环两大方面。在自然循环中，水在地心引力和太阳辐射的影响下不停地流动和转化。海洋、河流、湖泊等水面受太阳照射而蒸发，地面、森林、草原也会蒸发大量水分，升入高空的水蒸气凝聚成为云，在适当条件下又以降雨、降雪和降冰形式回归到陆地和海洋。这些降水大部分在地面上汇集成江、河、湖泊等，称为地面径流；另一部分渗入地下，形成地下水层或水流，称为地下径流。最后这两路水流都流入海洋。高山冰川常是河流、湖泊的发源地。大自然中的水始终这样周而复始地运动着，构成水的自然循环，如图 1-1 所示。

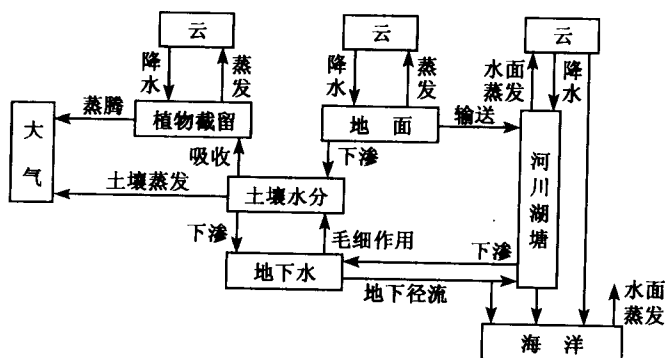


图 1-1 水的自然循环

2. 水的社会循环

人类社会为了满足人们生活、生产和社会发展的需要,从天然水体取用大量的水,在使用过程中混入各种杂质使水受到不同程度的污染,生活污水和工业废水不断地排入天然水体,构成了水的社会循环过程。社会循环的水量仅占地球总水量的几百万分之一,但对自然水体良性循环产生严重的干扰和负面效应。

水在自然循环和社会循环过程中总会混入各种各样的杂质,这包括自然界各种化学和生物过程的产物、人类生活和生产的各种废弃物。当水中的某些杂质数量达到一定程度后,水质就会发生变化,并对人类生存环境和水的利用产生严重的不良影响。

1.1.2 现代生活与水污染^[2,3]

地球表面 70% 被水覆盖着,但其中只有 7% 是淡水,且大多数冻结在极地。目前有 80 个国家约 20 亿人缺水,因此,对江河、湖泊、海洋等地面水体进行污染控制,保护世界淡水质量是当前一个迫切需要解决的问题。

当今世界现代工农业的高速发展为人类创造了巨大财富,同时也带来了一些无法预料的污染物质。目前全球使用的化学药品超过六万种,其中 70% 可能对健康有害,确认存在于饮用水中的 700 种化学药品可能引起癌症、不孕症、神经系统和免疫系统失调等方面的疾病。世界性水污染造成的水资源短缺和“水质型”缺水已成为各国环保部门以及从事环境保护的技术人员长期关注的问题。在中国的 660 多个城市中,有 360 个城市缺水,110 个城市严重缺水,40 个城市极度缺水。同时,中国的水污染十分严重,77% 的污水未经处理就直接排放,有 46.5% 的河流受到了污染。我国每年排放的大量污水对我国生态环境造成了极大的破坏。例如,2001 年污水排放总量为 640 亿吨,滇池、太湖、淮河等“三湖”和“三江”水资源的严重污染及对生态环境的严重影响和破坏就是最典型的例子。

许多工业污水中含有有毒或有害物质,对水生生物及人类健康也造成了严重的危害。以造纸工业废水为例,它不仅排放量大,而且其中含有大量的纤维素、木质素和化学药品等,耗氧量大,已成为世人关注的污染源,它能引起整个水体污染,造成生态环境的严重破坏,严重危害人体健康。焦化废水等化工行业废水所含酚类化合物为原型质毒物,对一切生物体都有毒害作用。此外,填埋场垃圾渗滤液的不当处理或者填埋场设计方面的原因都会导致渗滤液的二次污染。垃圾渗滤液在填埋过程中产生的二次污染可以污染水体、土壤、大气等。它对水体的污染表现为使地面水体缺氧、水质恶化、富营养化,威胁饮用水和工农业用水水源,使地下水丧失利用价值,使人类的健康受到污染物的直接威胁。

污浊的水已成为世界上最大的杀手,据报道每天至少有 25 000 人因饮用了污染的水而死亡,仅印度就有近千人。被污染的水中可能含有重金属、油类、碳氢化合物、垃圾渗滤物、化学去污剂、动物有机物、灰尘以及其他有害成分,例如,佛罗里达州一半以上的水污染以及在河流和沼泽中发现的近 85% 的重金属被认为来自该州城市街道的地表径流。前苏联的伏尔加河沿岸的工业废水是伏尔加格勒河段平均流量的 10%,其中 3/4 的废水未经处理。在我国监测的 78 条河流中,有 54 条被未经处理的污水和工业废物严重污染。马来西亚的主要河流受到了来自棕榈油和橡胶生产过程以及生活污水和大量工农业废物的污染,据说从生物学角度考查其中 40 多条河流均已经死亡。世界淡水资源污染形势严峻,必须把预防和治理污染放在首位。

1.1.3 水质指标^[1,4~6]

水质表示水和水中杂质共同表现出来的综合特性。衡量水质好坏的标准和尺度,称为水质指标。水质指标是判断水质能否满足某种特定要求的具体衡量尺度,表示水中杂质的种类和数量。同时针对水中存在的具体杂质或污染物,提出了相应的最低数量或浓度的限制和要求,即水质的质量标准。这些水质指标和水质标准是根据保障人体健康、保护鱼类和水生资源、满足工农业用水要求而提出的。水质指标包括物理指标、化学指标和生物指标。

1.1.3.1 物理指标

1. 固体物质

水中的固体物质包括悬浮固体和溶解性固体两大类。

悬浮固体也称悬浮物质或悬浮物,是指悬浮于水中的固体物质,是反映水中固体物质含量的一个常用的重要水质指标,常用 SS 表示,单位为 mg/L。在水质分析中,将水样过滤,凡不能通过滤器的固体颗粒物称为悬浮固体。

溶解固体也称溶解物,是指溶于水的各种无机物质和有机物质的总和。在水质分析中,是指将水样过滤后,将滤液蒸干所得到的固体物质。

悬浮固体与溶解固体两者之和称为总固体物质。在水质分析中,总固体物质是将水样在一定温度下蒸干后所残余的固体物质总量,也称蒸发残余物。

固体含量高的水,一般不适于作为饮用水,高矿化度水对许多工业用水也不适用。我国饮用水中规定溶解性总固体物质不得大于 1 000mg/L。含有大量悬浮物的水在外观上不能满足诸如洗浴等的使用要求。

2. 浊度

水中含有的细砂、泥土、有机物、无机物、浮游生物等悬浮物和胶体物质都

可以使水体变得浑浊而呈现出一定浊度。它是从外观上判断水是否被污染的主要特征之一。在水质分析中规定 1L 水中含有 1mg SiO_2 所构成的浊度为一个标准浊度单位,简称 1 度。水的浊度是衡量水是否受到污染的重要标志之一。

浊度是自来水厂处理设备选型和设计的重要参数,也是水厂运行和控制投药量的重要标准,尤其用化学法处理饮用水或废水时,有时用浊度来控制化学药剂的投加量。

我国饮用水标准规定浊度不超过 3 度,特殊情况下不得超过 5 度。某些工业用水为保证不结垢以及产品的质量,对浊度有特殊要求,如冷却用水不得超过 50~100 度,造纸用水不得超过 2~5 度,纺织、漂染用水小于 5 度,半导体集成电路用水应为零。

生活污水和工业废水产生的浊度往往是有害的。生活污水和工业废水中含有各种有机物、无机物杂质,尤其悬浮状态污染物含量较大,因而大多数相当浑浊,一般只作悬浮物测定而不做浊度测定。

3. 温度

水温是最常用的重要水质物理指标之一。由于水的许多物理特性、水中进行的化学过程和微生物过程都同温度有关,所以它经常是必须加以测定的,通常用精度为 0.1°C 的温度计测定。

4. 臭和味

臭和味是判断水质优劣的感官指标之一。臭味的表示方法现行是用文字描述臭的种类,用强、弱等表示臭的强度。比较准确的定量方法是臭阈法,即用无臭水将待测水样稀释到接近无臭程度的稀释倍数表示臭的强度。这一指标主要用于生活饮用水,是判断适合饮用与否的重要指标之一。

洁净的水是没有气味的,被污染的水会产生各种臭味,使人感觉到有不正常的气味,常见的水臭味有霉烂臭味、粪便臭味、汽油臭味、臭蛋味、氯气味等。根据水的气味可推测水中所含的某些物质。

5. 色度和色泽

色度是指废水所呈现的颜色深浅程度。色度有两种表示方法:一是稀释倍数法,将废水按一定的稀释倍数,用无色水稀释到接近无色时的稀释倍数;二是采用铂钴标准比色法,规定在 1L 水中含有氯铂酸钾 (K_2PtCl_6) 2.491mg 及氯化钴 ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 2.00mg 时,也就是在 1L 水中含铂 (Pt) 1mg 及钴 (Co) 0.5mg 时所产生的颜色深浅为 1 度。

色泽是指废水的颜色种类。水的颜色可用表色和真色来描述。

表色为未经静置沉淀或离心的原始水样的颜色,用定性文字描述。如废水和

污水的颜色呈淡黄色、黄色、棕色、绿色、紫色等。对含有泥土或其他分散很细的悬浮物水样,虽经适当预处理仍不透明时,也只测表色。

真色为除去悬浮杂质后的水,由胶体及溶解杂质所造成的颜色。水质分析中一般对天然水和饮用水的真色进行定量测定。并作为一项水质指标,是水样的光学性质的反映。饮用水在颜色上加以限制,规定色度小于 15 度。

对工业用水的颜色也有严格规定,如纺织用水色度小于 10~12 度,染色用水色度小于 5 度,造纸用水色度小于 15~30 度。因此,对特殊工业水使用之前需要脱色处理,一些有色工业废水在排放之前也需要去色处理。

6. 电导率

电导率又称比电导。电导率表示水溶液传导电流的能力,表示水中电离性物质的总数,间接表示了水中溶解盐的含量。电导是电阻的倒数。单位距离上的电导称为电导率。电导率的大小同溶于水中的物质浓度、活度和温度有关。电导率用 κ 表示,单位为 S/cm 或 $1/(\Omega \cdot \text{cm})$ 。

电导率通常用于检验蒸馏水、去离子水或高纯水的纯度,监测水质受污染情况以及用于锅炉水和纯水制备中的自动控制等。

1.1.3.2 化学指标

1. 一般指标

1) pH

水的 pH 是常用的水质指标之一,表示水中酸、碱的强度。天然水 pH 一般在 7.0~8.5。

各种用水和排放水对 pH 都有一定的要求。如规定饮用水 pH 在 6.5~8.5 之间;锅炉用水为防止金属被腐蚀, pH 在 7.0~8.5 之间;工业排放水 pH 在 6~9 之间等。

pH 在水的化学混凝等过程中是一项重要因素和指标,同时对水中有毒物质的毒性和一些重金属络合物结构等都有重要影响。

2) 酸碱度

酸碱度是水的一种综合特性的度量,只有当水样中的化学成分已知时,它才被解释为具体的物质。

水的酸度以 CaCO_3 计,用 mg/L 表示,一般测定的酸度数值大小与所用指示剂和滴定终点的 pH 有关。水的酸度是水中给出质子物质的总量,可反映水源水质的变化情况。酸度包括强酸(如 HNO_3 、 HCl 、 H_2SO_4 等)、弱酸(如碳酸、醋酸、单宁酸等)和水解盐(如硫酸亚铁和硫酸铝等)。

酸不仅有腐蚀性,而且对化学反应速率、化学物的形态和生物过程等都有影