

工业水

处理技术

主 编◎赵文玉 林 华 许立巍

副主编◎张 何

GONGYESHUI
CHULIJISHU



电子科技大学出版社

University of Electronic Science and Technology of China Press

图书在版编目(CIP)数据

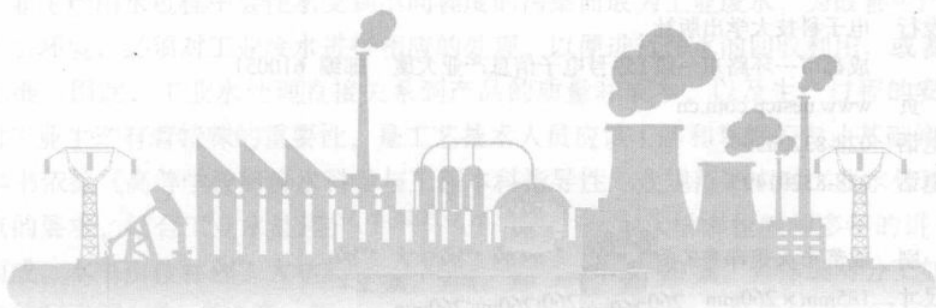
工业水处理技术 / 王文玉, 林华, 许立巍主编. — 北京: 电子科技大学出版社, 2019.2
ISBN 978-7-312-45414-2

工业水

○ 处理技术

○ 主 编◎王文玉 林 华 许立巍
副主编◎张 何

GONGYESHUI
CHULIJISHU



电子科技大学出版社

University of Electronic Science and Technology of China Press

· 成都 ·

图书在版编目(CIP)数据

工业水处理技术 / 赵文玉, 林华, 许立巍主编. —
成都: 电子科技大学出版社, 2019.5
ISBN 978-7-5647-6963-5

I. ①工… II. ①赵… ②林… ③许… III. ①工业用
水—水处理—高等学校—教材 IV. ①TQ085

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第089329号

工业水处理技术

赵文玉 林 华 许立巍 主编

策划编辑 罗 雅

责任编辑 卢 莉

出版发行 电子科技大学出版社

成都市一环路东一段159号电子信息产业大厦 邮编 610051

主 页 www.uestcp.com.cn

服务电话 028-83203399

邮购电话 028-83201495

印 刷 成都市火炬印务有限公司

成品尺寸 185mm × 260mm

印 张 20

字 数 500千字

版 次 2019年5月第一版

印 次 2019年5月第一次印刷

书 号 ISBN 978-7-5647-6963-5

定 价 58.00元

版权所有, 侵权必究

前言

工业水处理是一门介于应用化学、应用物理、水资源利用、能源利用和环境保护之间的交叉学科。它研究的是工业用水的预处理及深层次净化（软化和除盐）、循环冷却水处理和工业废水的处理技术。工业水处理对于确保工业生产的安全经济运行，防止事故发生、节能降耗、保证产品质量、改善工业生产和周围居民生产、生活环境，有着十分明显的作用和贡献。当前，国家对水污染治理重点要解决的问题之一是工业废水污染的治理，最大限度的削减水污染负荷。

工业生产离不开水，水既可作为溶剂或原料直接或间接地参与工业生产的化学反应，也可以作为能量交换的热、冷载体来满足、维护工业生产的正常进行。水在工业生产中的用途不同，其质量标准也不相同。通常，需要对天然水体的取水进行安全、经济而有效的处理，才能满足生产的需要：工业生产用水中，冷却水几乎占总用水量的80%~90%。一方面，随着水资源的日益紧张，冷却水必须循环使用，并对循环冷却水进行水质稳定处理；另一方面，工业生产用水过程中会使水受到不同程度的污染而成为工业废水，为改善生产环境和周围的生态环境，必须对工业废水进行相应的处理，以便进行污水的回收利用，或者使其达到排放标准。因此，工业水处理直接关系到产品的质量和成本，以及生产过程的安全经济运行，对工业生产有着特殊的重要性，是工艺技术人员应该了解和掌握的专业基础知识。

本书依据《高等学校给排水科学与工程本科指导性专业规范》中对工业水处理技术相关知识点的要求，结合工业水处理技术的特点，在桂林理工大学多位教师多年的讲义基础上，编写而成。本书由桂林理工大学赵文玉、林华、许立巍担任主编。具体编写分工如下：赵文玉负责编写了第1章、第2章、第3章、第4章、第11章的内容，林华负责编写了第6章、第9章、第10章的内容，许立巍编写了第5章、第7章、第8章的内容。本书由赵文主、林华、许立巍负责最后的统稿、审校、排版等工作。

本书的编写得到了广西一流学科建设项目（环境科学与工程）、广西环境污染控制理论与技术重点实验室、岩溶地区水污染控制与用水安全保障协同创新中心、桂林理工大学-柬埔寨理工学院水环境保护国际联合实验室建设项目（桂科AD17195023）、环境污染防治与生态保护国家级虚拟仿真实验教学中心、水污染控制国家级实验教学示范中心、广西本

科高校特色专业及实验实训教学基地（中心）建设项目（环境工程）、广西高等学校高水平创新团队及卓越学者计划项目（桂财教函〔2018〕319）、广西院士工作站建设项目（桂科AD18126018）、广西“八桂学者”“特聘专家”岗位专项经费等的支持和资助，在此一并致谢！

最后，由于编者的理论水平和实践经验有限，本书中难免存在不足之处，敬请专家、学者、工程技术人员和广大师生读者批评指正。

编者

2019年05月

目 录

第1章 工业用水和工业废水概述	1
1.1 工业用水概述	1
1.1.1 工业用水的含义	1
1.1.2 工业用水的分类	1
1.1.3 工业用水的水源	2
1.1.4 工业用水的水质标准	4
1.1.5 工业用水的水质指标	6
1.1.6 天然水中的杂质	8
1.1.7 工业用水水量	9
1.2 工业废水概述	11
1.2.1 工业废水的含义	11
1.2.2 工业废水的分类	11
1.2.3 工业废水的危害	11
1.2.4 工业废水中主要污染物及水质指标	12
1.2.5 工业废水的排放标准	12
第2章 预处理技术	14
2.1 工业用水的预处理技术	14
2.1.1 地下水除铁	14
2.1.2 地下水除锰	17
2.1.3 自来水脱氯	19
2.2 工业废水的预处理技术	20
2.2.1 调节池	20
2.2.2 离心分离	28
2.2.3 除油	33
2.2.4 过滤	43
第3章 氧化还原法	53
3.1 氧化还原法概述	53

3.2 药剂氧化还原法	54
3.2.1 药剂氧化法	54
3.2.2 药剂还原法	58
3.3 臭氧氧化法	59
3.3.1 臭氧的物理化学性质	59
3.3.2 臭氧的制备	60
3.3.3 空气的净化	62
3.3.4 臭氧接触反应设备	64
3.3.5 尾气处理	68
3.3.6 废水臭氧处理系统的设计	68
3.3.7 臭氧氧化法在废水处理中的应用	70
3.3.8 臭氧氧化法的优缺点	73
3.4 电解	73
3.4.1 概述	73
3.4.2 电解槽的结构形式和极板电路	74
3.4.3 电解法处理含铬废水	75
3.4.4 脉冲电解法处理含银废水	79
3.4.5 电解氧化法处理含氰废水	80
3.4.6 电解氧化法处理含酚废水	81
3.5 其他氧化还原法	81
3.5.1 空气氧化法	81
3.5.2 光氧化法	82
3.5.3 金属还原法	83
第4章 吸附	84
4.1 概述	84
4.1.1 吸附现象	84
4.1.2 等温吸附模型	85
4.2 活性炭的吸附	86
4.2.1 活性炭的制备	86
4.2.2 活性炭的性质	87
4.2.3 影响活性炭吸附性能的因素	90
4.2.4 竞争吸附	91
4.2.5 活性炭吸附过程	92
4.3 活性炭吸附的应用	94
4.3.1 活性炭的功能	94
4.3.2 粉末炭的应用	95
4.3.3 粒状活性炭的应用	97

4.3.4	活性炭纤维的应用	99
4.3.5	生物活性炭技术的应用	99
4.4	活性炭的再生	100
4.4.1	干式加热再生	101
4.4.2	蒸汽吹洗再生	102
4.4.3	微波再生	103
4.4.4	化学药剂再生	103
4.4.5	强制放电再生	103
4.4.6	电化学再生	105
4.4.7	生物再生	105
4.5	水处理过程中的其他吸附剂	106
4.5.1	苯乙烯系大孔吸附树脂	107
4.5.2	丙烯酸大孔吸附树脂	107
4.5.3	废弃的阴离子交换树脂	110
4.5.4	沸石	113
4.5.5	硅藻土	114
4.5.6	粉煤灰	114
第5章	离子交换	115
5.1	离子交换概述	115
5.1.1	离子交换树脂的结构	115
5.1.2	离子交换树脂的分类	116
5.1.3	离子交换的命名	117
5.1.4	离子交换树脂的理化性能	117
5.2	离子交换反应	121
5.2.1	强型树脂的离子交换反应	121
5.2.2	弱型树脂的交换反应	122
5.2.3	离子交换平衡	122
5.2.4	固定床离子交换原理	124
5.2.5	离子交换动力学过程及交换速度	126
5.3	离子交换装置及运行操作	127
5.3.1	固定床式离子交换器	127
5.3.2	移动床离子交换器	134
5.3.3	除碳器	136
5.4	离子交换的应用	138
5.4.1	水的软化	138
5.4.2	离子交换除盐	141

第6章 膜滤技术	148
6.1 概述	148
6.1.1 膜滤的定义	148
6.1.2 膜滤技术的分类	149
6.1.3 膜滤过程的性能参数	150
6.1.4 膜污染、劣化及其预防方法	151
6.2 微滤和超滤	154
6.2.1 基本原理	154
6.2.2 微滤和超滤的操作模型	155
6.2.3 超滤过程中的浓差极化	157
6.3 反渗透与纳滤	158
6.3.1 渗透与反渗透	158
6.3.2 反渗透膜及其分离机理	159
6.3.3 反渗透的基本传质方程（基于优先吸附-毛细孔流模型）	160
6.3.4 反渗透装置	162
6.3.5 反渗透布置系统及工艺流程	163
6.3.6 反渗透预处理	164
6.4 电渗析	167
6.4.1 电渗析的基本原理	167
6.4.2 电渗析过程	168
6.4.3 离子交换膜及其作用机理	169
6.4.4 极化与极限电流密度	170
6.4.5 电渗析器装置与组装	173
6.4.6 电渗析器工艺设计计算	176
6.5 膜滤技术在水处理领域中的应用	177
6.5.1 在海水和苦咸水淡化中的应用	177
6.5.2 在饮用水处理中的应用	178
6.5.3 在污水处理中的应用——膜生物反应器	178
第7章 水的冷却	181
7.1 水的冷却系统与冷却构筑物	181
7.1.1 概述	181
7.1.2 水的冷却系统	181
7.1.3 冷却构筑物	182
7.2 水冷却原理	183
7.2.1 湿空气的性质	183
7.2.2 水的冷却原理	190

7.3 冷却塔的热力计算	193
7.3.1 热力计算基本方程	193
7.3.2 冷却数和特性数的确定	195
7.3.3 冷却塔热力计算的任务与方法	197
7.4 冷却塔的性能评价	198
7.4.1 冷却水的水质	198
7.4.2 循环冷却水处理	200
第8章 腐蚀与结垢	206
8.1 腐蚀的类型与过程	206
8.1.1 腐蚀的类型	206
8.1.2 腐蚀的过程	212
8.2 腐蚀的影响因素与腐蚀形式	214
8.2.1 影响腐蚀的因素	214
8.2.2 腐蚀的形式	215
8.3 水质稳定指数	218
8.3.1 LSI饱和指数	218
8.3.2 RSI稳定指数	219
8.3.3 其他水质稳定指数	221
8.3.4 磷酸钙垢析出的判断	222
8.3.5 硅酸盐垢析出的判断	222
8.4 水质稳定处理	223
8.4.1 利用碳酸钙在管壁上形成保护膜	223
8.4.2 利用二氧化硅在管壁上形成保护膜	223
8.4.3 利用聚磷酸钠在管壁上形成保护膜	224
第9章 厌氧生物处理	226
9.1 概述	226
9.1.1 厌氧生物处理的发展	226
9.1.2 厌氧生物处理的特点	229
9.1.3 厌氧生物处理的发展趋势	229
9.2 厌氧生物处理的基本原理	229
9.2.1 复杂有机物的厌氧降解	230
9.2.2 水解阶段	231
9.2.3 产酸发酵阶段	232
9.2.4 产氢产乙酸阶段	233
9.2.5 产甲烷阶段	234
9.2.6 其他厌氧生物处理过程	235

9.3 厌氧微生物生态学	237
9.3.1 影响产酸细菌的主要生态因子	237
9.3.2 影响产甲烷细菌的主要生态因子	240
9.3.3 影响硫酸盐还原菌的主要生态因子	244
9.3.4 厌氧生化反应动力学	245
9.3.5 厌氧生物处理过程中微生物优势种群的演替及相互关系	246
9.4 升流式厌氧污泥层工艺	247
9.4.1 工艺的工作原理	247
9.4.2 颗粒污泥形成的原理及主要工艺条件	248
9.4.3 颗粒污泥的性质	250
9.4.4 反应器的结构设计原理	251
9.4.5 UASB反应器的若干形式	255
9.5 两相厌氧生物处理	257
9.5.1 两相厌氧生物处理原理	258
9.5.2 两相厌氧生物处理技术	259
9.5.3 最适液相末端发酵产物的选择	259
9.6 悬浮生长厌氧生物处理法	260
9.6.1 完全混合悬浮生长厌氧消化池	260
9.6.2 厌氧接触法	260
9.6.3 厌氧序批式反应器	261
9.7 固着生长厌氧生物处理法	261
9.7.1 升流式厌氧填充床反应器	262
9.7.2 厌氧膨胀床反应器	262
9.7.3 厌氧流化床反应器	263
9.7.4 降流式厌氧固着生长反应器	263
9.7.5 厌氧生物转盘	263
第10章 其他处理方法	265
10.1 中和法	265
10.1.1 中和酸性或碱性废水的方法	265
10.1.2 酸性废水中和处理的方式和设备	266
10.2 化学沉淀法	267
10.2.1 基本原理	267
10.2.2 氢氧化物沉淀法	268
10.2.3 硫化物沉淀法	269
10.2.4 钡盐沉淀法	271
10.3 水的药剂软化法	271
10.3.1 水软化的目的与方法概述	271

10.3.2 水的药剂软化法	274
10.3.3 石灰软化	275
10.3.4 石灰——苏打软化	276
10.4 吹脱汽提法	276
10.4.1 基本原理	277
10.4.2 设备及工艺过程	277
10.4.3 影响吹脱的主要因素	279
10.4.4 吹脱汽提法在废水处理中的应用	280
10.5 萃取法	280
10.5.1 基本原理	280
10.5.2 萃取剂的选择与再生	281
10.5.3 萃取工艺过程	281
10.5.4 萃取法在废水处理中的应用	282
第11章 工业水处理工艺系统	283
11.1 工业水处理工艺系统概述	283
11.2 常用的工业给水处理工艺系统	283
11.2.1 地下水除铁除锰工艺系统	283
11.2.2 水的软化工艺系统	284
11.2.3 水的除盐工艺系统	285
11.3 工业废水处理工艺系统	287
11.3.1 含油及石油化工废水	287
11.3.2 制浆造纸工业废水	288
11.3.3 乳品工业废水处理	291
11.3.4 啤酒工业废水处理	293
11.3.5 纺织印染废水处理	294
11.3.6 有毒、有害工业废水处理	296
11.3.7 医药工业废水处理	301
11.3.8 有机磷农药工业废水处理	303
参考文献	305

第1章 工业用水和工业废水概述

1.1 工业用水概述

1.1.1 工业用水的含义

社会总用水量可以分为工业用水、农业用水和城镇生活用水三部分。所谓工业用水，是指工矿企业的各部门在工业生产过程（或期间）中，制造、加工、冷却、空调、洗涤、锅炉等处使用的水及厂内职工生活用水的总称。工业用水的水量、水质、水压和水温要符合工矿企业各自的要求。

1.1.2 工业用水的分类

在工业企业内部，不同工厂、不同设备需要的水量、水质是不同的，工业用水的种类繁多。关于工业用水的分类，由于涉及的企业、工艺面广，涉及的问题复杂，至今尚没有统一的看法，从不同需要、不同角度可以提出不同的分类方法，下面对目前几种常用的（或习惯使用的）分类方法加以介绍。

1. 城市工业用水按行业分类

对城市工业用水进行分类时，按不同工业部门即行业进行分类，行业分类可以按照《国民经济行业分类和代码》（GB/T4754—1984）中的规定并结合工业行业实际情况进行分类，可分为钢铁行业、医药行业、造纸行业、火力发电行业等。

2. 按生产过程主次分类

《评价企业合理用水技术通则》（GB/T7119—1993）中将工业用水分为主要生产用水、辅助生产用水（包括机修、锅炉、运输、空压站、厂内基建等）、附属生产用水（包括厂部、科室、绿化、厂内和车间浴室、保健站、厕所等生活用水）三类。

3. 按水的用途分类

《工业用水分类及定义》（CJ40—1999）中对工业用水进行了如下分类。



在工业生产过程中，为保证生产设备能在正常温度下工作，吸收或转移生产设备的多余热量需使用冷却水，当冷却水与被冷却介质之间由热交换器壁或设备隔开时，称为间接冷却水。

产品用水是指在生产过程中，作为产品原料的那部分水（此部分水或为产品的组成部分，或参加化学反应）。

洗涤用水指在生产过程中对原材料、物料、半成品进行洗涤处理的水。

直接冷却水是指在生产过程中，为满足工艺过程需要，使产品或半成品冷却所用到的与之直接接触的冷却水（包括调温、调湿使用的直流喷雾水）。

其他工艺用水指产品用水、洗涤用水，以及直接冷却水之外的工艺用水。

锅炉给水是指为直接产生工业蒸汽而进入锅炉的水，它由两部分组成：一部分是回收由蒸汽冷却得到的冷凝水，另一部分是经化学水处理处理好的补给水（软化水或除盐水）。

锅炉水处理用水指处理锅炉补给水的化学水处理工艺所用的再生、冲洗等自用水。

4. 在企业内部往往按水的具体用途及水质分类

在啤酒行业分为糖化用水（投料水）、洗涤用水（洗槽用水、刷洗用水、洗涤用水等），洗瓶装瓶用水、锅炉用水、冷却用水、生活用水等。

在味精行业分为淀粉调浆用水、酸解制糖用水、糖液连消用水、谷氨酸冷却用水、交换柱清洗用水、中和脱色用水、结晶离心烘干用水、成品包装用水、锅炉用水等。

在火力发电行业分为锅炉给水、锅炉补给水、冷却水、冲灰水、消防水、生活用水等。

再如，按水质来分，可分为纯水（除盐水、蒸馏水等）、软化水（去除硬度的水）、清水（天然水经混凝、澄清、过滤处理后的水）、原水（天然水）、冷却水、生活用水等。

1.1.3 工业用水的水源

工业用水（industrial water）水源通常为地表水（河水、湖水、水库水）和地下水（井水）。对用水量不大的中小型企业，还可以直接使用城市自来水作为水源。在某些特殊地区，如沿海地区和缺水地区，现在越来越多地使用海水和经二级处理后的城市污水（中水）作为水源。

1. 地表水

地表水（surface water）通常包括河水、湖水、水库水。这些水主要由雨水、冰川融水和泉水等地面径流汇合而成，所以一般来说水质较好，含盐量较低，含氧充足， CO_2 含量少；但水质受气候、季节影响大，水质波动大，水中悬浮物多，水中生物及微生物多。在沿海地区，地表水还易受海水倒灌的影响，含盐量大幅升高。相对于河水来讲，湖水、水库水受气候、季节影响小，水质波动小，但由于水体流动性差，水中生物活动频繁，水中腐殖质

类有机物含量偏高,有时还会出现一些复杂的有机胶体,给某些对水质要求高的水处理工艺带来困难。

地表水易受工业废水和生活污水排放的污染物影响,各种污染物排向地表水时,地表水的水质会急剧恶化。当排向水体的污染物量在水体自身可以承受的范围内时,水体自身会通过一系列物理、化学、生物作用(如稀释、沉淀、生物氧化、细菌分解等)恢复水体的本来面貌,将被污染的不洁水体变为清洁水体,这称为水体自净。当排向水体的污染物量多,超过水体自净能力时,水质就会急剧恶化,发黑、发臭。

因此,对以地表水为水源的工业企业,应定期地对水源水质进行分析,通常每月一次,并建立水源水质资料档案,特别要注意洪水期及枯水期的水质资料采集。还要了解本企业取水点附近及上游的工业废水和生活污水排放情况及变化趋势,掌握它们对本企业取水水质的影响,必要时采取相应措施。

2. 地下水

地下水(ground water)即通常所说的井水或泉水。它是雨水或地表水经过地层的渗流而形成的。地下水按深度可以分为表层水、层间水和深层水。表层地下水包括土壤水和潜水,它是地壳不透水层以上的水;层间水是指不透水层以下的中层地下水,这是工业使用较多的地下水源;深层水为几乎与外界隔绝的地下水层。由于地壳构造的复杂性,不同地区(甚至是相邻地区)同一深度的井,水质会有很大不同,有的可能引出的是表层地下水,有的可能引出的是中层地下水(如图1-1)。

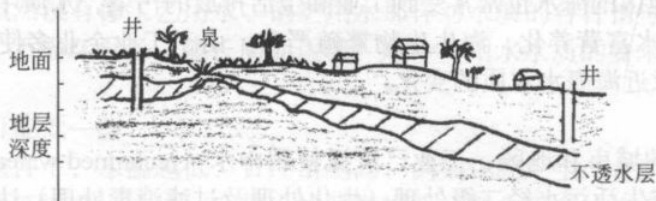


图1-1 表层水井和间层水井位置示意图

由于地下水长期与土壤、岩石接触,土壤和岩石中的矿物质会逐渐溶解于水中。一般来说,水层越深,含盐量越高,有的甚至可以达到苦咸水水质。地下水水质还与地下水流经的岩石矿区有关,如流经铁矿区,水中铁、锰含量较高;流经石灰岩地区,水的硬度较高等。

地下水由于与外界隔绝,水质受气候、季节影响小,水质稳定、浊度低、溶氧少、有机物少、微生物少,但由于地壳活动的原因,地下水含 CO_2 较多。

某些地表的工业废水和生活污水污染源,会通过土壤渗流,对附近的浅井地下水水质产生影响,使水中污染物增多。近海地区的某些井水也可能会渗入海水,使井水含盐量急剧升高。

以井水为水源的企业也应建立水质档案,由于井水水质较稳定,水质分析次数可适当减少(如每季一次),但是应建立取水用井的详细档案资料,包括本地区的水文地质资料、凿井的地层标本和地质柱状图,以及井位、井深、井管结构、动水位、静水位、泵、流量、水温等有关资料。

浅井附近应禁止污水的排放和污物的堆放。

3. 城市自来水

由于经济成本问题,使用城市自来水(city water)作为水源的都是用水量较少的中小型

企业,有时仅是企业的某个车间或工段。

城市自来水有的取自地表水,经混凝、澄清、过滤、消毒处理后供出,有的取自地下水(井水、泉水),仅经过滤、消毒后供出。城市自来水的水质应符合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)。

城市自来水水质稳定,受气候影响小,特别是水的浊度,可以很好地稳定在很小的范围内。但是,由于工业企业使用的自来水都是从管网上引出的,有的甚至在管网末端,企业引入的水质还会受管道影响,流经某些使用年代很久的管道,尤其是在长期停运后刚投运时,水质很差,有色,浊度高,有时甚至发黑、发臭,这时应加强管道冲洗、排放。

使用城市自来水作为水源的企业,也应对水源水质进行定期分析,建立档案。

4. 海水

沿海地区的工业企业,经常取用海水(sea water)作为冷却水。在某些淡水资源紧缺的地区,也可以取用海水,进行淡化处理后,作为工业的其他用途,但其费用昂贵。

海水水质差,含可溶盐多,但水质稳定。海水的盐度(salinity)可达3.3%~3.7%,海水总含盐量中氯化物可达88.7%,硫酸盐为10.8%,碳酸盐仅为0.3%(碳酸盐波动较大),海水表层pH为8.1~8.3,深层pH约为7.8。

由于海水水质差,作为冷却水使用时,对设备与管道的腐蚀严重,因此防腐工作很重要。另外,海生生物在冷却水系统的繁殖和黏附会堵塞管道,影响冷却效果,必须采用有效的措施。

近年来,近海地区的海水也常常受到工业和生活排放的污染,水质中有机物质,特别是N、P含量上升,海水富营养化,海生生物繁殖严重。由于工业企业多使用近海海水,所以这些工业企业应注意近海海水水质的变化。

5. 中水

某些严重缺水的城市和地区,工业已广泛使用中水(reclaimed water)作为水源。所谓中水是指城市污水或生活污水经二级处理(生化处理及过滤消毒处理)达到一定的水质标准要求后,在非饮用范围内被重复使用的水,其应用范围包括厕所冲洗、绿地浇灌、道路清洁、建筑施工、工业冷却水、非食品饮料的工业产品用水等,工业上还可直接将中水作为水源水再经过一系列净化处理后作为工艺用水,如锅炉用水、洗涤用水等。

由于城市生活污水水质差异不大,处理技术也比较成熟,所以中水水质也相对比较稳定。中水水质的特点是:悬浮物含量不高($<30\text{mg/L}$),pH变化不大,碱度、硬度、总溶解固体均在可接受的范围内,但氯离子有时变化较大,有机物含量高($\text{COD}_{\text{Cr}} < 120\text{mg/L}$),有腐蚀、结垢、生物繁殖和起泡沫倾向。

中水可以直接(或稍经处理)作为工业冷却水使用。

如果要将中水用作为工厂企业工艺用水水源,则必须对中水进行深度处理,以达到相应工艺用水的水质要求,这在技术上有较高要求,在经济上,处理费用也较高。当然,有的时候还要考虑人们的心理承受能力,特别是与食品、饮料、医药等有关的工业企业,应尽量避免使用中水水源。

1.1.4 工业用水的水质标准

工业用水通常包括工艺用水、锅炉用水、洗涤用水以及冷却用水等。不同用途的水,其标准也不相同,下面着重对锅炉用水和冷却用水的水质要求进行阐述。

1. 锅炉用水

锅炉用水是将水在一定的温度和压力下加热产生蒸汽，用蒸汽作为传热和动力的介质。一般工矿企业常采用低压或中压锅炉产生的蒸汽作为热源或动力，这种锅炉对水质要求稍低；而发电厂或热电站常采用高压锅炉产生蒸汽以推动汽轮机来发电，为保证蒸汽对汽轮机无腐蚀和结垢沉积，这种锅炉对水质要求非常高。因此，锅炉用水的水质要求根据锅炉的工作压力和温度的不同而不同，不论何种锅炉用水，对水的硬度都有较严格的限制。凡是能导致锅炉、给水系统及其他热力设备腐蚀、结垢及引起汽水共腾现象，使离子交换树脂中毒的杂质如溶解氧、可溶性二氧化硅、铁以及余氯等都应大部分或全部除去。

2. 冷却用水

工业生产中，冷却的方式很多。有用空气来冷却的，叫空冷；有用水来冷却的，叫水冷。在大多数工业生产中，都是用水作为传热冷却介质的，这是因为：水的化学稳定性好，不易分解；水的热容量大，在常用温度范围内，不会产生明显的膨胀或压缩；水的沸点较高，在通常使用条件下，在换热器中不致汽化；同时，水的来源较广泛，流动性好，易于输送和分配，相对来说价格也较低。目前，在钢铁、冶金工业中，用大量的水来冷却高炉、平炉、转炉、电炉等各种加热炉的炉体；在炼油、化肥、化工等生产中，用大量的水来冷却半成品和产品；在发电厂、热电站，则用大量的水来冷凝汽轮机回流水；在纺织厂、化纤厂，则用大量水来冷却空调系统及冷冻系统。这些工业的冷却用水量平均约占工业用水总量的67%，其中又以石油、化工和钢铁工业为最高。

对冷却用水，虽然没有像工艺用水、锅炉用水那样对水质的各种指标有严格的限制，但为了保证生产稳定，不损坏设备，能长周期运转，对冷却用水水质的要求还是相当高的，下面分别进行叙述。

(1) 水温要尽可能低一些

在同样的设备条件下，水温越低，日产量越高。例如化肥厂生产合成氨时，需要将压缩机和合成塔中出来的气体进行冷却，冷却水的温度越低，则合成塔的氨产量越高，其相互关系如图1-2所示。

冷却水温度越低，用水量也相应减少。例如制药厂在生产链霉素时，需要用水去冷却链霉素的浓缩设备和溶剂回收设备。如果水的温度越低，那么用水量也就越少，其相互关系如图1-3所示。

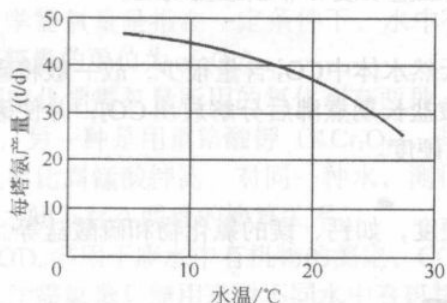


图1-2 水温对氨产量的影响

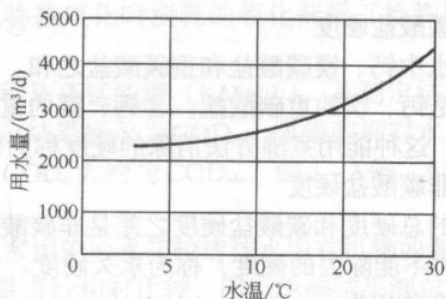


图1-3 水温对用水量的影响

(2) 水的浑浊度要低

水中悬浮物带入冷却水系统，会因流速降低而沉积在换热设备和管道中，影响热交换，