

水污染控制技术

第二版

王燕飞 主编



化学工业出版社

水污染控制技术

第二版

王燕飞 主编

图书在版编目(CIP)数据

水污染控制技术/王燕飞主编. —2版. —北京: 化学工业出版社, 2008.4

ISBN 978-7-122-02334-6

I. 水… II. 王… III. 水污染-污染防治-技术 IV. X35

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第033020号

责任编辑: 李山平
封面设计: 王林林

责任印制: 陈永强
文字编辑: 王淑娟

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100012)
印 刷: 北京鑫鑫印刷有限公司
发 行: 北京市西城区百万庄大街24号 邮政编码100037
(书号: 978-7-122-02334-6) 字数: 482千字 印张: 18 印数: 1-10000

联系电话: (010) 61218288 (传真: 010-61218289) 邮购联系: 010-61218289

网 址: <http://www.cip.com.cn>



化学工业出版社

定价: 30.00元

· 北 京 ·

定 价: 30.00元

本书在 2001 年出版的《水污染控制技术》基础上修订而成。本书从水污染防治技术的最新发展和工程应用角度出发,对废水处理领域中通用的物理、化学、物理化学和生物废水处理技术、废水处理单元设备及装置的结构、设计方法和实验方法等方面都作了较详细的阐述,另外,还介绍了污水处理技术的应用实例、污水处理厂的设计与管理的基础知识。

本书可作为职业学校环境监测及治理专业学生的教材,也可作为成人大专环境类专业选用教材,并可供环境保护部门及有关科技人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水污染控制技术/王燕飞主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2008. 4
ISBN 978-7-122-02334-6

I. 水… II. 王… III. 水污染-污染控制 IV. X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 033069 号

责任编辑: 王文峡
责任校对: 洪雅姝

文字编辑: 李仙华
装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司
装 订: 三河市万龙印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 18 字数 463 千字 2008 年 7 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 30.00 元

版权所有 违者必究

前言

本书在第一版的基础上修订而成。全书框架基本保持了原书的结构,为了适应当前环境保护新情况、新形势发展的需要,有效解决水环境污染和水资源短缺问题,完善有关水污染防治制度,建立环境友好型社会,促进人与自然和谐发展的战略部署,在总结水污染防治实施经验的基础上,编者根据近年来国内外水污染控制工程在理论、工艺的创新、污染治理技术的进步、观念的转变和有关理论的更新,对原书相关内容进行了适当修改和补充。

水环境保护是环境保护的重中之重,本书对水环境标准体系中的水质标准部分内容进行了完善,更科学、更全面地介绍国家对饮用水安全的重视和与国际通用的水质标准,同时介绍世界卫生组织以及美国、欧共体等发达国家地区的饮用水水质标准。

节水型社会建设是我国社会建设进程中的重要里程碑,标志着社会建设进入了一个新的发展阶段。本书对我国的水资源可持续利用与明确经济增长方式主要依靠提高资源利用效率的发展思路作了详尽介绍。

日益严格的污水排放标准对污水处理工艺流程和装备提出了更高的要求,本书对我国用于污水处理过程监视与控制的新型传感器的性能作了相应的介绍。

随着人口的增长和工农业生产的发展速度的加快,长江流域污水排放量呈逐年增加的趋势,加之三峡与南水北调两大工程的实施对长江水资源提出更高的要求,本书对我国的加强水资源保护,保水生态环境建设作了详尽介绍。

本书对污水厂在营运中的工艺过程、单元操作所涉及设备的种类、结构原理、运行装备等增加了原设备照片,突出了工艺和设备类的专业性和实用性,让读者更直观了解书中阐述的设备结构、工作原理、参数设计、操作管理、水污染控制各项技术、过程动力学及影响因素、生物处理过程的数学模型。

本书重视节能减排基本概念和基础理论的阐述,节能减排是调整经济结构、转变经济增长方式、提高经济效益的现实、有效的切入点和突破口,从高投入、高消耗、高污染、低效益的发展方式转变为科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少的新型经济发展道路。当前,实现节能减排目标面临的形势十分严峻,我国经济快速增长,各项建设取得巨大成就,但也付出了巨大的资源和环境代价;经济发展与资源环境的矛盾日趋尖锐,不加快调整经济结构、转变增长方式,资源支撑不住,环境容纳不下,社会承受不起,经济发展难以为继。只有坚持节约发展、清洁发展、安全发展,才能实现经济又好又快发展。

本书力求理论结合实际,技术与管理、工艺与设备兼顾,内容丰富,实用性强。本书可作为职业教育的环境工程、过程装备与控制工程、给水排水专业学生及相关专业教材(加*的为选学),并可供环境监理、环境保护、过程设备设计、给水排水工程设计、管理部门、环保设备生产厂家和给水及污水处理厂运行管理等技术人员参考。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请各位专家、读者予以批评指正。

编者
2008年4月

第一版前言

环境问题是当代人类普遍关注的全球性问题。随着现代工业生产的迅速发展,对环境污染实施有效控制已变得越来越重要和紧迫;人类的可持续发展成为 21 世纪国际社会关注的焦点。我国吸取世界上工业化国家“先污染、后治理”的教训,把实现可持续发展作为一项基本国策。而可持续发展战略的实施必须依靠科技进步和环境教育。为满足社会对环境专门人才,特别是具有从事环境保护与监测工作的综合职业能力,在生产、服务、技术和管理第一线工作的高素质劳动者的需求,许多学校先后开设了环境类专业,培养出了一批又一批职业人才。随着高中等职业教育改革的发展,社会对环境类职业人才专业水平与能力的要求日渐提高,广大院校把进一步提高环境类专业的教学质量作为专业生存和发展的基本前提。更新专业教学内容,强化职业能力培养,提高学生的专业素质,增强学生对职业的适应能力等问题逐渐集中到对传统教学内容和方式的改革上来。专业教学改革对教材提出了全新的要求,而改革的成果又为新教材的诞生提供了充分的素材。

化学工业出版社对近两年职业教育环境类专业的教学改革给予了高度重视和认真研究。2000 年春,在全国石油和化工行业教学指导委员会的支持下,组建了由全国十几所院校的二十多位专家教师组成的环境类专业教材编委会。在对几十所学校的培养规格、教学内容、专业特色等问题进行广泛调研的基础上,编委会组织各校进行了教学文化和手段的交流和研讨,拟订了环境类专业的协作性教学计划。接着对各校现用教材基本情况 and 意见进行了调查和整理,并决定从目前较薄弱的专业基础课和专业课教材入手,开始新一轮教材的编审工作。第一批教材涉及的课程有环境保护基础、大气污染控制技术、水污染控制技术、固体废物处理与利用、噪声控制技术和环境监测。

本套教材充分考虑职业教育对教材的要求,以学生为本,注重对专业素质和能力的培养。在保证专业教学内容科学合理的基础上,结合社会对环境类职业的要求,适当突出了技术传授和能力培养;根据学生兴趣发展,安排了部分自学内容,增强学校与社会、理论与实践之间的衔接。考虑到学校之间教学重点和特色的区别,教材对课程内容和层次采用模块化拼接,以便于组织教学。

本书在阐述基本概念和基本理论的基础上,注重应用性,理论联系实际,使读者更易掌握学习内容和加深理解,同时力求全书叙述浅显易懂,在应用上注意吸收国内外污水处理的新理论和新技术,对污水处理领域通用的各种技术单元设备、装置的结构、设计方法、程序、试验方法等方面都作了较详细的论述,并列举相应的技术应用实例。

为了提高学生综合能力,本书安排了相关技能训练内容,有助于扩充专业知识和提高应用能力。本书可供职业教育环境专业作教材之用(加*者可不选),亦可供环保科技工作者、管理干部作培训教材。

参加本书编写的有王燕飞（编写第1、2、3、8章），张慧利（第4、6、7章），蔡庄红（第5章），全书由北京化工大学化学工程学院环境工程系冯流主审。

参加本教材审稿的有顾明华、傅新华、李广超、谢惠波、李昂、吴国旭、律国辉、沈永祥、李耀中、黄一石、许宁、庄伟强、黄震、杨永杰、刘云华、张苏琳、冷宝林、张赞、陆清、周斌、陆志发，以上同志给本教材编写提出了许多有益的建议和宝贵意见，在此深表谢意！

由于作者水平有限，书中难免有不妥之处，热忱希望读者提出批评和意见。

编者

2001年5月

环境类专业系列教材编审委员会

主任委员

沈永祥 刘德生 律国辉 许 宁

委 员（按姓名汉语拼音排序）

蔡庄红	冯 流	傅新华	高洪潮	顾明华
顾 强	黄一石	金万祥	冷宝林	李东升
李广超	李耀中	李志富	刘德生	刘勇志
刘云华	律国辉	秦建华	沈永祥	王瑞芬
王燕飞	谢惠波	许 宁	于淑萍	袁红兰
张慧利	张书圣	庄伟强		

目 录

1 绪论	1	复习思考题	11
1.1 水资源与水循环	1	1.3 水体污染与自净	11
1.1.1 水资源	1	1.3.1 水体污染	11
1.1.2 水循环	2	1.3.2 水体的自然净化	16
复习思考题	3	复习思考题	17
1.2 水的性质	3	1.4 污水处理技术	18
1.2.1 水的异常特性	3	1.4.1 一般处理原则	18
1.2.2 天然水中的杂质	3	1.4.2 污水处理方法分类	18
1.2.3 污水的来源与分类	4	1.4.3 污水处理的分级	19
复习思考题	6	复习思考题	22
1.2.4 污水的水质指标	6	阅读材料	22
1.2.5 水质标准	9		
2 污水的物理处理	24	2.3.3 隔油池	44
2.1 均衡和调节	24	复习思考题	45
2.1.1 水质调节	24	2.4 过滤	45
2.1.2 水量调节	25	2.4.1 过滤理论	45
2.1.3 调节池的作用和容积的确定	26	2.4.2 过滤池	46
复习思考题	27	2.4.3 机械过滤	51
2.2 筛滤	27	2.4.4 影响过滤的因素	53
2.2.1 格栅	27	复习思考题	53
2.2.2 筛网	29	* 2.5 蒸发结晶	54
2.2.3 筛余物的处置	31	2.5.1 蒸发	54
复习思考题	31	2.5.2 结晶	55
2.3 沉淀与上浮	31	复习思考题	55
2.3.1 沉淀基本理论	31	技能训练 沉淀试验	55
2.3.2 沉淀池	33		
3 污水的化学处理	57	3.2.3 混凝剂	66
3.1 中和法	57	3.2.4 助凝剂	68
3.1.1 基本原理	57	3.2.5 影响混凝的因素	68
3.1.2 酸性污水的中和处理	58	3.2.6 混凝过程及设备	69
3.1.3 碱性污水的中和处理	60	3.2.7 澄清池	72
复习思考题	62	复习思考题	74
3.2 混凝	62	3.3 化学氧化还原	74
3.2.1 混凝基本原理	62	3.3.1 空气氧化	75
3.2.2 水混凝的机理与过程	64		

* 3.3.2 湿式氧化	76	3.3.6 化学还原	83
3.3.3 臭氧氧化	78	3.3.7 化学沉淀	84
3.3.4 氯氧化	80	复习思考题	84
3.3.5 其他氧化剂氧化	83	技能训练 凝聚试验	84
4 污水的生物处理	86		
4.1 生化处理与微生物	86	4.3.7 生物膜法应用实例	141
4.1.1 微生物的生理特征及其规律	86	复习思考题	143
4.1.2 污水的可生化性及提高可生化的 途径	95	4.4 厌氧生化处理法	143
4.1.3 污水生物处理方法概述	98	4.4.1 厌氧生化法的基本原理	144
复习思考题	98	4.4.2 厌氧生物法的影响因素	145
4.2 活性污泥法	99	* 4.4.3 厌氧生化法的工艺和设备	147
4.2.1 活性污泥组成及其性能指标	99	4.4.4 厌氧处理装置的启动与运行 管理	152
4.2.2 活性污泥法处理过程	101	* 4.4.5 厌氧生化处理应用实例(酒精糟 液厌氧消化处理)	153
4.2.3 曝气	108	复习思考题	154
4.2.4 活性污泥法的设计和运行	115	4.5 污水的自然生物处理	154
4.2.5 城市污水处理工艺进展	118	4.5.1 氧化塘	154
4.2.6 活性污泥法运行实例	123	4.5.2 污水的土地处理	155
复习思考题	126	复习思考题	157
4.3 生物膜法	126	技能训练 4-1 利用光学显微镜观察细菌、放线 菌和蓝绿细菌个体形态	157
4.3.1 生物膜净化污水的原理	127	复习思考题	157
4.3.2 生物滤池的一般构造	128	技能训练 4-2 活性污泥污泥负荷与污水 BOD 去除率的关系	159
4.3.3 生物过滤法的基本流程与分类	130	复习思考题	159
4.3.4 其他常用的生物膜处理设施	132		
* 4.3.5 生物滤池系统的设计计算	137		
4.3.6 生物膜法的运行管理	139		
5 污水的物理化学处理	160		
5.1 吸附	160	* 5.3.3 浮选流程及设备	182
5.1.1 吸附原理	160	* 5.3.4 浮选池设计实例	187
5.1.2 吸附剂	165	复习思考题	188
5.1.3 吸附的操作、再生和应用	166	* 5.4 萃取	189
* 5.1.4 吸附装置的工艺设计实例	170	5.4.1 萃取原理	189
复习思考题	171	5.4.2 萃取剂	190
5.2 离子交换法	171	5.4.3 萃取操作及流程	191
5.2.1 离子交换剂	171	5.4.4 萃取设备	192
5.2.2 离子交换的基本理论	175	5.4.5 萃取法应用实例	193
5.2.3 离子交换的工艺流程	177	复习思考题	194
复习思考题	180	* 5.5 吹脱	194
5.3 浮选	180	复习思考题	196
5.3.1 浮选原理	181	* 5.6 汽提	196
5.3.2 浮选剂	181	复习思考题	197

* 5.7 电解	198	5.8.2 反渗透	202
5.7.1 基本原理	198	* 5.8.3 超滤	203
5.7.2 电解氧化还原	198	复习思考题	204
* 5.7.3 电解凝聚和电解浮上	199	技能训练 5-1 活性炭吸附	204
复习思考题	200	* 技能训练 5-2 参观实习萃取法脱除污	
5.8 膜分离	200	水中酚的操作	205
5.8.1 电渗析	201		
6 循环冷却水的处理	206		
6.1 循环冷却水系统	206	6.3.1 冷却水中金属腐蚀的机理及影响	
6.1.1 冷却水系统	206	因素	214
6.1.2 循环冷却水系统	207	6.3.2 冷却水处理系统中腐蚀的	
6.1.3 传统填料冷却塔与无填料雾化		控制	218
冷却塔	208	复习思考题	222
6.1.4 工业循环冷却水中膜过滤技术		6.4 微生物产生的危害及其控制	222
及其应用	210	6.4.1 微生物产生的危害	222
复习思考题	211	6.4.2 产生主要危害的几类微生物	223
6.2 水垢及其控制	211	6.4.3 微生物的控制方法	224
6.2.1 水垢的种类和特点	211	6.4.4 杀生剂及其选择原则	225
6.2.2 水垢的控制	211	6.4.5 循环冷却水的综合治理	227
6.2.3 污垢的控制	213	复习思考题	227
复习思考题	214		
6.3 循环冷却水系统中金属的腐蚀及其			
控制	214		
7 污水处理厂设计与运行管理	228		
7.1 设计程序	228	7.4.2 构筑物的结构要求	232
7.1.1 设计前期工作	228	7.4.3 构筑物的运行方式	233
7.1.2 设计文件的编制	229	7.5 污水处理厂的运行管理	233
7.1.3 施工图设计	229	7.5.1 污水处理工程自控技术质量监测	
复习思考题	229	管理	233
7.2 流程选择	229	7.5.2 污水处理装置自动化控制	
7.2.1 流程选择影响因素	229	技术	235
7.2.2 工业废水与城市污水共同		7.5.3 集散控制系统 (DCS) 在污水处理	
处理	231	工程中的应用实例	237
复习思考题	231	复习思考题	239
7.3 污水处理厂平面及高程布置	231	7.6 污水处理应用实例	239
7.3.1 平面布置	231	7.6.1 国内污水处理应用实例	239
7.3.2 高程布置	232	* 7.6.2 国外污水处理应用实例	245
复习思考题	232	复习思考题	248
7.4 构筑物的结构要求及运行方式	232	技能训练	248
7.4.1 构筑物设计原则	232		
8 污水的综合防治与利用	250		
8.1 概述	250	复习思考题	252

8.2 污水综合治理措施	252	8.3.4 食品与其他工业废水的治理	265
复习思考题	256	复习思考题	266
* 8.3 工业废水的综合治理技术	256	8.4 污水的深度处理与再用	266
8.3.1 化学工业废水的治理	256	8.4.1 污水的深度处理	266
8.3.2 冶金工业废水的治理	260	8.4.2 提高水的重复利用率	268
8.3.3 轻工业废水的治理	262	复习思考题	271
附录	272	附录 2 污水综合排放标准 (GB 8978—1996)	273
附录 1 地面水环境质量标准 (GB 3838—2002)	272	参考文献	275
参考文献	275		

1

绪 论

学习指南

通过学习水资源、水的性质、水体的自然净化、污水、水体的污染、污水的指标和性质等基本概念与污水处理技术常用的方法，掌握这些基本概念是学好这门课的首要条件。

这一章的特点是内容丰富、信息量大，因此在学习时应注意对一些基本概念的理解，教材在每一小节后安排了学习思考题，应认真思考和练习。同时在章节后选编阅读材料，以拓宽知识面。还可在教师的指导下，阅读一些课外书籍，或到环保部门了解情况，增强感性认识。

水是生命之源，没有水就没有生命。水是自然界里最普遍存在的物质之一，人类视水为生命的源泉、视水为经济的命脉、视水为宝贵的资源。水对于人类来说是一种片刻也不能离开、不可缺少的重要物质，水是人类环境的一个重要组成部分。因此，保护水资源、防治水污染是全人类神圣和义不容辞的责任，对于水资源紧张的中国来讲更应十分重视和珍惜水资源。

1.1 水资源与水循环

联合国教科文组织 2006 年 3 月 13 日公布《世界水资源开发报告》指出，全球用水量在 20 世纪增加了 6 倍，其增长速度是人口增速的两倍。报告指出：我们能否满足持续增长的全球用水需求，将取决于人们对现有资源的有效管理。

1.1.1 水资源

(1) 世界水资源概况

世界各地自然条件不同，降水和径流相差也很大。年降水量以大洋洲（不包括澳大利亚）的诸岛最多；其次是南美洲；欧洲、亚洲和北美洲与世界平均水平相接近，而非洲大陆是世界上最为干燥地区之一。据水文地理学家的估算，地球上总的水体积大约为 14 亿立方千米，其中只有 2.5% 是淡水，约 0.35 亿立方千米。大部分的淡水以永久性冰或雪的形式封存于南极洲和格陵兰岛，或成为埋藏很深的地下水。这些水资源中可用的部分仅有 20 万立方千米，不足淡水总量的 1%，仅为地球上水资源总量的 0.01%。

(2) 全球淡水资源面临严峻的挑战

全世界约有 80 多个国家 15 亿人口面临淡水不足，2050 年，全世界将有 30 亿人缺水。2003 年 3 月在日本京都召开了第三届世界水论坛大会，大会决定每年的 3 月 22 日为“世界水日”，会议就水危机的严峻性进行了广泛的探讨。

(3) 水资源污染对人类生存构成威胁

全世界每年向湖泊、河流和海洋倾倒数十亿吨的化学药品、金属和有机污染物，导致 10

亿人的用水不合乎卫生标准。世界水事委员会提醒大家：此时此刻，我们面临着世界水资源短缺的危机，这种危机只会越来越严重。

(4) 我国水资源的基本状况

我国水资源总量为 2.7115 亿立方米，地下水资源量为 8288 亿立方米，各流域水资源分析如表 1-1 所示。

表 1-1 我国各流域水资源分析

流 域	河川年径流/亿立方米	人口/万	耕地/万亩	人均水量/(立方米/人)	亩均水量/(立方米/亩)
松花江	742	5112	15662	1451	474
辽河	148	3400	6643	435	223
海滦河	288	10987	16953	262	170
黄河	661	9233	18244	716	362
淮河	622	14169	18453	439	337
长江	9513	37972	35171	2505	2705
珠江	3360	8202	7032	4097	4778

1.1.2 水循环

水循环指自然界中的水通过蒸发、凝结、降水（雪）、渗透和径流等作用，无终止的往复循环过程。

地球上的水储量是有限的，自然界中的水是不能新生的，只能通过大循环而再生。水圈是指地壳表面的液态水层，占地球外层 5km 地壳的 50% 以上。水是地球上最丰富的化合物，大约是在 30 亿年前形成的。地球上这些水在不断地进行着循环，处于平衡状态。因此，江河奔流不息，地下水位相对稳定，海拔没有明显的变化。这样，就形成了水的无终止往复循环过程。水的循环分为自然循环和社会循环两种。

(1) 自然循环

地球上的水在阳光照射下，通过江河、湖泊、海等地面水、表土水的蒸发，植物茎叶的蒸腾，形成水蒸气，进入大气，遇冷凝结，以雨、雪、雹等形式重返地面。返回地面的水，一部分渗入地下成为土壤水和地下水，再供植物蒸腾，或直接从地面蒸发；一部分流入江河、湖泊、海洋，再经这些水面蒸发或植物蒸腾等，无终止的往复循环，水的自然循环如图 1-1 所示。

自然界中的水在太阳照射和地心引力等的影响下不停地流动和转化，通过降水、径流、

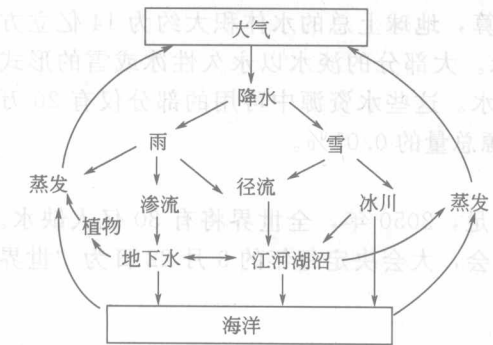


图 1-1 水在自然界的循环

渗透和蒸发等方式循环不止，构成水的自然循环，形成各种不同的水源。

水在自然界循环中几乎在每个环节都有杂质混入，使水质发生了变化。

(2) 社会循环

人类为了生存，从自然环境中大量取用天然水体中的水，作为维持生命活动的物质基础，又不断地通过新陈代谢把代谢物排泄到自然环境中，如此周而复始。例如，人类社会为了满足生活和生产的需求，要从各种天然水体中取

用大量的水。生活用水和工业用水在使用后,就成为生活污水和工业废水,它们被排出后,最终又流入天然水体。这样,水在人类社会构成的局部循环体系,被称为社会循环。

复习思考题

(1) 为什么说水资源是有限的?

(2) 什么叫水循环? 水循环分为哪两种?

1.2 水的性质

天然水是常见的物质,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。

1.2.1 水的异常特性

(1) 水的三态变化

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

(2) 温度-体积效应

水在 3.98°C 时有最大密度,为 $1.000\text{g}/\text{cm}^3$ 。与一般物质不同,水在结冰时体积膨胀。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。

(3) 热容量最大

在所有液体和固体物质中,水具有最大的比热容、同时有很大的蒸发热和熔解热。这使天然水体可以调节气候温度,同时,工业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极强。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。水有时还可作为一种催化剂,极微量的水有时会对化学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。水的各种界面特性如润湿、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氢元素的来源

生物从水分解中取得氢元素,花费的能量最少,生命与水是不可分开的。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。

1.2.2 天然水中的杂质

水在自然界循环过程中加入各种各样的杂质,其中包括地球上各种化学过程和生物过程

的产物，如岩石风化而形成的砂、易溶于水的盐类、动植物残骸和微生物等有机体腐败分解而形成的腐殖质，也包括人类在生产中所形成的各种废弃物，如生活污水所含的大量废弃有机物和微生物，工业废水中的各种生产废料、残渣、原料等。

这些杂质尤其是生活污水和生产废水中所含的杂质进入天然水体，都会引起各种污染，甚至完全改变天然水体原有的物质平衡状态，破坏人类周围的自然环境，给人类社会的生活和生产带来极其恶劣的影响。

水中的各种杂质按其存在状态，通常分为溶解物、胶体颗粒和悬浮物三类，如表 1-2 所示。

表 1-2 水中杂质

水中杂质	颗粒大小	外观	水中杂质	颗粒大小	外观
溶解物	0.1~1 nm	透明	悬浮物	100 nm~10 μm	浑浊
胶体颗粒	1~100 nm	光照下浑浊	悬浮物	10 μm~1mm	肉眼可见

一般说来，地面水较浑浊，细菌较多，硬度较低。地下水则较清，细菌较少，特别是深层井水，细菌更少，但硬度较高。天然水中的杂质，如表 1-3 所示。

表 1-3 天然水中的杂质

悬浮物质及胶体物质	溶解物质
细菌(致病的和对人体无害的)	重碳酸(钙镁)盐(碱度、硬度)
藻类及原生动物(有臭味、色度和浑浊度)	碳酸(钙镁)盐(碱度、硬度)
泥沙、黏土(有浑浊度)	硫酸(钙镁)盐(硬度)
溶胶物(如硅酸胶体等)	氯化(钙镁)物(硬度、腐蚀锅炉)
高分子化合物胶体(如腐殖质胶体等)	重碳酸钠盐(碱度、有软水作用)
其他不溶性物质	碳酸钠盐(碱度、有软水作用)
	硫酸钠盐(锅炉内汽水共腾)
	氟化钠物(致病)
	氯化钠物(味)
	铁盐、锰盐(味、色、硬度、腐蚀金属)
	氧(腐蚀金属)
	二氧化碳(腐蚀金属、酸度)
	硫化氢(臭味、酸度、腐蚀金属)
	氮、其他溶解性物质

1.2.3 污水的来源与分类

人类生活和生产要从大自然水体中取用大量的水，水在自然界周而复始的循环。水经过利用以后、便产生生活污水和工业废水，污水最终要排入天然水体中。

污水是生活污水、工业废水、被污染的降水和流入排水管渠的其他污染水的总称。

根据 GB 8978—1996《污水综合排放标准》，污水指在生产与生活活动中排放的水的总称；排水量指在生产过程中直接用于工艺生产的水的排放量，不包括间接冷却水、厂区锅炉、电站排水。

水质污染是指人为造成河流、湖泊、海洋等自然状态的水，在水的物理、化学、生物等方面发生变化，使水的利用受到妨碍的现象。为了确保人类生存可持续发展，人类在利用水资源的同时，还必须有效地防治水体的污染。

(1) 污水的来源

污水的性质及危害，取决于污水的来源。在实际生活中，污水一般来源于生活污水、工业废水和雨水三种。

① 生活污水 生活污水指由家庭、学校、机关等排放的污水，如厨房污水、粪便污水、洗涤污水等的总称（也叫城市下水）。

生活污水中，有机物约占 70%、无机物约占 30%，同时含有大量的病菌和细菌，具有消耗环境氧量与传播疾病的危害，生活污水一般夏季量多，冬季量少。

② 工业废水 工业废水指工业生产中排放出来的水。工业废水成分复杂，涉及面广，因素多，性质各异。工业废水的性质及危害人类的程度主要取决于工业类别、原料品种、工艺过程等诸因素。

工业废水是人们关注的焦点，也是环境污染治理中的重点工作。常见的工业废水及其来源见表 1-4。

表 1-4 工业废水的主要来源

废水种类	废水的主要来源
重金属废水	采矿、冶炼、金属处理、电镀、电池、特种玻璃及化工等工业
放射性废水	铀、钍、镭矿的开采加工、核动力站运转、医院同位素实验室等
含铬废水	采矿冶炼、电镀、制革、颜料、催化剂等工业
含氰废水	电镀、提取金银、选矿、煤气洗涤、焦化、金属清洗、有机玻璃等
含油废水	炼油、机械厂、选矿厂及食品厂等
含酚废水	焦化、炼油、化工、煤气、染料、木材防腐、塑料、合成树脂等
硝基苯类废水	染料工业、炸药生产等
有机废水	化工、酿造、食品、造纸等
含砷废水	制药、农药、化工、化肥、采矿、冶炼、涂料、玻璃等
酸性废水	化工、矿山、金属酸洗、电镀、钢铁等
碱性废水	造纸、印染、化纤、制革、化工、炼油等

③ 降水 降水包括降雨和降雪。降水时，雨和雪大面积地冲刷地面，将地面上的各种污染物淋洗后进入水道或水体，造成河流、湖泊等水源的污染。

对于采用合流制排放污水系统的老城市，雨水对污水处理系统造成较大的水力冲击负荷。我国大多数地区 6~9 月份为降雨期，雨季来临常常山洪暴发，沟堵河涨，造成灾害。

降雨对受纳水体的污染很大，其中固体悬浮物、有机物、重金属和污泥直接污染地面水源。

(2) 工业废水的分类

由于污水的成分复杂，来源涉及面广，是一种含多杂质和含若干项污染指标的污染综合体系。为了更好地了解污水性质，认识其中危害性和研究其治理措施，通常对污水进行归类，以下是几种常见的分类方法。

① 按工业废水的污染物性质和危害分类 这种分类方法是根据废水中的污染物性质和危害程度分为两大类。

a. 生产废水 它是直接从生产过程中排放的工业废水。废水中挟带着大量的杂质和污染物，污染较严重，危害也较大，是水污染防治的对象。

b. 工业冷却水 工业冷却水在循环使用过程中未直接与原料或成品接触，其水质相对清静，加以处理后可循环使用。

② 按工业废水中所含污染物分类 污水中按污染物的成分分类，可将其分为三类。

- a. 含无机污染物的污水 如冶金工业废水、建材工业废水、化学工业废水等。
- b. 含有机污染物的污水 如食品工业废水、酿造工业废水、石油工业废水等。
- c. 既含大量有机污染物又含大量无机污染物的污水 如制药工业废水、皮革工业废水等。

③ 按耗氧和含有毒指标分类 按耗氧和有毒两项影响最深的污染指标,将污水分为两类。

- a. 无机污水 分为无机无毒污水、无机有毒污水两大类。
- b. 有机污水 分为有机无毒污水、有机有毒污水和有机耗氧污水三大类。

④ 按主体污染物与采取治理方法结合分类 这种分类方法更为方便和实用,通常将工业废水分为四大类。

- a. 含悬浮物和含油的工业废水 如煤气洗涤废水、轧钢废水等。
- b. 含无机污染物的工业废水 如矿山废水、电镀废水等。
- c. 含有机污染物的工业废水 如造纸废水、制药废水等,这类废水既耗氧又有毒。
- d. 冷却用水 工业的冷却用水通常占总用水量的三分之二以上。直接排放会造成受纳水体的污染,造成危害,也使生产成本增加,因此必须考虑提高冷却水的循环利用率和回用率。

复习思考题

- (1) 什么是水质污染?
- (2) 污水一般来源于哪些方面?污水按耗氧和含有毒指标分为几类?

1.2.4 污水的水质指标

水质指水与水中杂质共同表现的综合特征。水中杂质具体衡量的尺度称为水质指标。水质指标可分为物理指标、化学指标和生物指标。水质指标是对水体进行监测、评价、利用以及污染治理的主要依据。污水水质指标有生化需氧量、化学需氧量、总需氧量、悬浮物、总有机碳、有机氮、pH值、有毒物质、细菌总数、大肠菌数、溶解氧等。

(1) 化学需氧量(COD)

所谓化学需氧量(chemical oxygen demand, COD),是在一定的条件下,采用一定的强氧化剂处理水样时,所消耗的氧化剂量。它是表示水中还原性物质多少的一个指标。水中的还原性物质有各种有机物、亚硝酸盐、硫化物、亚铁盐等。但主要的是有机物。因此,化学需氧量(COD)又往往作为衡量水中有机物质含量多少的指标。化学需氧量越大,说明水体受有机物的污染越严重。

化学需氧量(COD)的测定,随着测定水样中还原性物质以及测定方法的不同,其测定值也有不同。目前应用最普遍的是酸性高锰酸钾氧化法与重铬酸钾氧化法。高锰酸钾(KMnO_4)法,氧化率较低,但比较简便,在测定水样中有机物含量的相对比较值时可以采用。重铬酸钾($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)法,氧化率高,再现性好,适用于测定水样中有机物的总量。

(2) 生化需氧量(BOD)

生化需氧量(biochemical oxygen demand, BOD),指在有氧的条件下,由于微生物的作用,水中能分解的有机物质完全氧化分解时所消耗氧的量称为生化需氧量。它是以水样在一定的温度(如 20°C)下,在密闭容器中,保存一定时间后溶解氧所减少的量(mg/L)来表示的。当温度在 20°C 时,一般的有机物质需要20天左右时间就能基本完成氧化分解过程,而