

HUANJING GONGCHENG SHOUC  
SHUIWURANFANGZHIGUAN

**环境工程  
手册**

---

**水污染防治卷**

主编 张自杰

主审 张忠祥

副主编 钱 易 章非娟

高等教育出版社

ISBN 7-04-004934-1



9 787040 049343 >

定价 99.50 元

# 环境工程手册

## ——水污染防治卷

主 编 张自杰  
主 审 张忠祥  
副主编 钱 易 章非娟

高等教育出版社



(京)112号

**环境工程手册**

**——水污染防治卷**

主 编 张自杰

主 审 张忠祥

副主编 钱 易 章非娟

\*

高等教育出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

北京朝阳北苑印刷厂印装

\*

开本 787×1092 1/16 印张 92.75 字数 2 900 000

1996年10月第1版 1996年12月第1次印刷

印数 0001—5 240

ISBN 7-04-004934-1/X·5

定价 99.50 元



# 《环境工程手册》

## 编辑委员会名单

主 任: 顾夏声 胡家骏

副主任: 张坤民 井文涌 顾国维 王宝贞

编 委 (以姓氏笔划为序):

马广大 井文涌 王宝贞 叶昌仁 龙腾锐 李国建 李献文 宋炳煊 朱联锡 任文堂  
祁佩时 张月娥 张自杰 张世森 张忠祥 张坤民 张崇华 陈毓龄 郑长聚 林肇信  
周思毅 胡家骏 陆雅森 姜安玺 俞 珂 郝吉明 奚旦立 徐传宁 钱 易 顾国维  
顾夏声 高忠爱 章非娟 蒋展鹏 傅国伟 蔡丕斌

常务编委 (以姓氏笔划为序):

李国建 宋炳煊 祁佩时 张月娥 张世森 张忠祥 周思毅 郝吉明 徐传宁

## 《水污染防治》卷

主 编: 张自杰 主 审: 张忠祥

副主编: 钱 易 章非娟

参加编写《水污染防治》卷的有 (以姓氏笔划为序, 括号内为所写的篇、章、节):

|                                            |                                              |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 王志远 (5.8)                                  | 林荣忱 (3.18.7, 3.19.2, 3.19.6)                 |
| 王建民 (3.18.1, 5.3.1)                        | 林华庆 (3.16)                                   |
| 王德江 (6.5)                                  | 杨乐桂 (3.1)                                    |
| 龙腾锐 (3.7, 3.10, 3.11,<br>3.12, 3.13, 3.14) | 杨书铭 (5.4)                                    |
| 邓荣森 (4.4, 5.5)                             | 屈计宁 (3.20)                                   |
| 邓培德 (3.18.2)                               | 张自杰 (3.17, 5.1.5)                            |
| 羊寿生 (5.6)                                  | 张忠祥 (1.1, 1.3, 1.4, 1.5,<br>3.22, 3.23, 6.3) |
| 许建华 (2.1, 2.3, 4.2)                        | 张本兰 (5.7.4)                                  |
| 吕炳南 (5.1.1)                                | 张 珂 (5.2)                                    |
| 任南琪 (5.1.3, 5.1.5)                         | 张俊贞 (3.15)                                   |
| 祁佩时 (3.17.5, 5.1.4, 5.1.6)                 | 张晓健 (4.1)                                    |
| 刘馨远 (3.3)                                  | 武红津 (3.16)                                   |
| 安鼎年 (3.15)                                 | 邵 刚 (3.9)                                    |
| 沈志恒 (6.1)                                  | 周增炎 (3.21)                                   |
| 严宜怀 (3.4)                                  | 周思毅 (1.1, 1.2, 1.4)                          |
| 李国鼎 (5.11)                                 | 陈利秋 (1.1, 1.2, 1.4)                          |
| 李献文 (3.21, 6.4)                            | 陈霖庆 (2.5.1)                                  |
| 汪 颖 (5.2)                                  | 陈翼孙 (3.5)                                    |
| 吴浩汀 (4.2, 5.10)                            | 陈凤岗 (5.9.1, 5.9.2, 5.9.4, 5.9.5)             |

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 金承基 (5.9.3)                        | 顾国维 (3.18.1)                       |
| 罗国源 (4.4, 5.5)                     | 秦霄黎 (1.5)                          |
| 胡纪革 (1.2.3, 3.19.3, 3.19.4, 5.1.7) | 钱 易 (3.19.1, 3.19.5, 3.19.6, 5.12) |
| 赵帼英 (3.16)                         | 彭永臻 (3.17.1, 3.17.5, 6.2)          |
| 荆一凤 (1.6)                          | 章非娟 (3.18.3, 3.18.4)               |
| 姚雨霖 (3.6)                          | 郭维华 (5.9.1, 5.9.2)                 |
| 高廷耀 (3.21)                         | 援小锋 (5.3.2)                        |
| 高乃云 (2.1, 2.5.1, 2.5.2)            | 滕 渊 (3.2)                          |
| 徐美正 (1.5)                          | 蒋展鹏 (3.8)                          |
| 徐传宁 (5.7.1, 5.7.2, 5.7.3)          | 瞿永彬 (2.2, 2.4)                     |
| 徐梅生 (3.16)                         | 戴爱临 (3.17.4, 4.3, 5.1.2)           |

**责任编辑** 张月娥 王永斌 陈 文

**封面设计** 王 喆

数字图书馆  
PDG

## 前 言

水是人民生活和国民经济建设不可缺少的自然资源。随着工农业生产的发展和人口的增长,人类对水的需求量愈来愈多,然而各种生活、生产活动对水环境所造成的污染却不断加重。这使地球上很多国家和地区正面临水污染危害及水资源短缺的严重挑战,中国也不例外。

在我国已全面地开展了水污染防治工作,经过几十年的努力,已取得相当成绩。但必须看到,我国的水污染现状仍十分严峻。1992年全国废水排放量达到每天约1亿吨,其处理率却很低。大量废水的排放使江、河、湖、海的水质严重恶化,造成了很大的经济损失,直接威胁到人民的健康与安全。迅速有效地控制水污染、保护水资源,已经成了刻不容缓的当务之急。

科学技术是第一生产力。我国的水污染防治也必须依靠科学技术的发展。近30年来,国内、外在水污染防治方面开展了大量的研究工作,取得了迅速的发展。水污染防治技术发展的目标主要是:获得尽可能高的水质,消耗尽可能少的资源和能源,并尽可能地采用符合地方条件的实用技术。相当一大批新技术、新设备陆续问世,很多新工艺、新流程已应用于生产实践,还出现了不少示范性的工程项目值得仿效和推广。

为促进我国水污染防治工程的发展,在尽可能短的时间内使我国天然水体的水质得到改善,确保我国经济的持续发展和人民的身体健康,我们花了两年的努力,把这本《环境工程手册》“水污染防治”卷奉献给读者。

本书的特点在于以结合我国国情为主,既总结了我国多年来在水污染防治方面的科技研究成果和工程设计经验,也纳入了世界各国的先进技术和工艺。既有一定的理论阐述,又有相当篇幅的实用工艺、技术、设备、材料、设计计算方法及工程应用实例,以解决实际问题为主;既有工程技术的“硬件”,又有加强规划、管理及政策法规等“软件”,软硬结合,以“硬件”为主。本书共分六篇:一、水资源与水环境污染;二、给水、排水管道系统;三、水处理技术;四、水及废水处理系统;五、各种工业废水处理系统与技术;六、给水处理厂与废水处理厂。

参加本书编写的共计57人,而为本书所涉及的新技术、新工艺付出了辛勤劳动的则不会少于数百人。更要特别指出的是,水污染防治工程界的老前辈,《环境工程手册》编委会主任顾夏声教授和胡家骏教授,曾对本书稿作了精心的审阅和修改,在本书中倾注了他们对事业的忠诚、高深的学术造诣和丰富的实践经验。秦裕珩、汤鸿霄、舒文龙、范懋功、吴保健、彭文正等先生也曾对本书部分章节进行了审阅和修改。在此特向他们致以深切的感谢。

愿本书能对从事水污染防治的工程技术人员、高等学校师生、科学研究工作者和管理人员有所帮助。限于编写人员的水平和时间,本书疏漏错误之处难免,敬请读者指正。

编者

1993年12月于北京

## 序 言

1992年6月联合国环境与发展大会在巴西里约热内卢召开,100多个国家的元首、政府首脑和一万五千多名代表参加了这次规模空前的全球盛会,标志着全球环境保护已进入一个新的历史时期,这次大会通过了“里约环境与发展宣言”、“21世纪行动议程”和一些有关全球环境问题的重要公约,大会号召全世界人民“共同处理环境和发展问题,为全人类创造一条新的道路通向21世纪”,这就是“可持续发展”的道路,这要求全体人民不仅要关心自己,关心当今的环境问题,还应该关心社会经济的持续发展,为子孙后代留下一个清洁、美丽、舒适的生存环境。

环境问题之所以能成为当今世界的热点,主要是由于严重的环境问题已构成了对人类的现实威胁,人们已开始认识到,经济发展和环境保护是不可分割的整体,只有切实地保护环境,才能确保持续发展。从全球环境看,水体、大气和土壤环境的污染仍很严重,地球变暖和臭氧层破坏两大问题又引起了普遍的关注。

我国早在70年代就对环境问题的严重性和迫切性有所认识,政府把环境保护列为一项基本国策,作了大量工作努力防治环境污染。但应该清醒地看到,我国环境形势的现状是:局部有所改善,整体仍在恶化,前景令人担忧。随着改革开放政策的实施,我国经济正在腾飞,而发展却仍沿袭了大量消耗资源和不顾环境承受能力的传统模式,正在对环境产生更大的损害,也使自然资源受到破坏,必须引起警觉。例如,我国水环境污染十分严重,全国七大水系中有近一半的河段污染严重,流经城市的河段污染更加突出。我国大气污染日益加剧,大气质量符合国家一级标准的城市很少。我国城市垃圾尚未得到妥善处置,工业排放的有毒有害固体废弃物排放量逐年增长,大部分都未经安全处置,城市噪声也十分严重,成为城市一大公害。

上述情况说明,我国环境工程的任务还十分艰巨,环境工程是防治环境污染,提高环境质量的重要手段,其内容十分广泛,包括:水污染防治工程、大气污染防治工程、固体废弃物的安全处置、噪声污染防治工程、环境规划与管理以及环境监测等方面。为了总结国内外环境工程领域的新技术、新工艺、新设备和新材料,总结国内外环境工程成套设施的经验及成功的范例,促进我国环境工程的发展,高等教育出版社组织编辑了这套“环境工程手册”,以供从事环境工程事业的工程技术人员,有关高等学校的师生、科研人员和管理人员参考。这是一件极有意义的大事,必将对我国的环境保护及经济持续发展起积极的推动作用。参加本套手册编写工作的,多为在环境工程领域从事工作多年,既有理论修养,又有实践经验的教授,专家,也有一些脱颖而出的青年教师和科技人员。全书内容丰富,材料翔实,图文并茂,参考性强,既有对基本概念的阐述,又有对设计方法的介绍,希望能对各类读者都有帮助。

“水污染防治卷”是这套手册中的一卷。现已编写完成出版。本卷共分六篇,分别涉及了水资源与水环境污染,给水排水管道系统,水及废水处理技术,水及废水处理系统,各种工业废水处理系统与技术及给水处理厂与废水处理厂的设计等。在我国水污染十分严重的情况下,这本书的出版是极富现实意义的。

顾夏声 胡家骏

1993年12月

# 目 录

## 第一篇 水资源与水环境污染

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| <b>第一章 水资源及其开发利用</b> .....                     | 3  |
| § 1.1 水圈与地球上水循环 .....                          | 3  |
| § 1.2 世界的水资源 .....                             | 4  |
| § 1.3 我国的水资源 .....                             | 6  |
| § 1.4 水资源合理利用的战略、<br>对策与途径 .....               | 12 |
| <b>第二章 水体污染源、污染物与水质<br/>        指标</b> .....   | 18 |
| § 2.1 水体污染源及其分类 .....                          | 18 |
| § 2.2 污染物的类型及其主要性质 .....                       | 22 |
| § 2.3 主要水质指标 .....                             | 27 |
| <b>第三章 水污染防治的原则、途径和<br/>        技术政策</b> ..... | 34 |
| § 3.1 我国防治水污染的基本原则 .....                       | 34 |
| § 3.2 我国防治水污染的途径和<br>技术政策 .....                | 34 |
| <b>第四章 地表水体污染与水质控制<br/>        管理</b> .....    | 38 |
| § 4.1 地表水体污染及其危害 .....                         | 38 |
| § 4.2 地表水体对污染物的稀释、<br>扩散与自净作用 .....            | 39 |
| § 4.3 地表水体污染综合防治与水体<br>功能划分 .....              | 41 |
| § 4.4 地表水体的水质标准 .....                          | 44 |
| <b>第五章 地下水污染与防治</b> .....                      | 62 |
| § 5.1 概述 .....                                 | 62 |
| § 5.2 地下水分类与流动动力学 .....                        | 63 |
| § 5.3 地下水污染的污染源 .....                          | 66 |
| § 5.4 污染物在地下水中的运动与<br>迁移 .....                 | 76 |
| § 5.5 地下水过量开采对环境的影响 .....                      | 80 |
| § 5.6 地下水污染的控制和恢复 .....                        | 81 |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| <b>第六章 给水水源及其防护</b> .....       | 86 |
| § 6.1 给水水源的分类及其特点 .....         | 86 |
| § 6.2 给水水源选择的原则 .....           | 86 |
| § 6.3 给水水源保护 .....              | 87 |
| § 6.4 地表水源保护区的划分和防护 .....       | 88 |
| § 6.5 地下水源保护区的划分和防护 .....       | 91 |
| § 6.6 水源保护区污染防治的监督和<br>管理 ..... | 92 |
| § 6.7 水源水质 .....                | 93 |
| § 6.8 用水水质标准 .....              | 94 |

## 第二篇 给水、排水管道系统

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| <b>第一章 输水管(渠)与配水管网<br/>        系统</b> ..... | 99  |
| § 1.1 输水管(渠)的功能和定线 .....                    | 99  |
| § 1.2 配水管网的功能、定线和<br>供水量 .....              | 100 |
| § 1.3 给水管网计算 .....                          | 102 |
| § 1.4 给水管、管网附件与附属<br>构筑物 .....              | 122 |
| § 1.5 给水管网的技术管理 .....                       | 125 |
| <b>第二章 排水管道系统</b> .....                     | 128 |
| § 2.1 排水方式及其选择 .....                        | 128 |
| § 2.2 排水管道系统的设计 .....                       | 128 |
| § 2.3 排水管材 .....                            | 138 |
| § 2.4 排水系统上的附属构筑物 .....                     | 138 |
| § 2.5 电子计算机技术在排水<br>管道系统中的计算应用 .....        | 141 |
| <b>第三章 给水泵站</b> .....                       | 153 |
| § 3.1 概述 .....                              | 153 |
| § 3.2 给水泵站设计 .....                          | 159 |
| <b>第四章 排水泵站</b> .....                       | 173 |
| § 4.1 概述 .....                              | 173 |
| § 4.2 排水泵站设计 .....                          | 175 |
| § 4.3 雨水泵站与合流泵站设计 .....                     | 181 |

|                                   |     |                                  |     |
|-----------------------------------|-----|----------------------------------|-----|
| 附录 .....                          | 183 | § 8.5 活性炭吸附装置的计算与设计 ...          | 374 |
| <b>第三篇 水处理技术</b>                  |     | § 8.6 活性炭的再生 .....               | 377 |
| <b>第一章 水处理技术概论</b> .....          | 235 | § 8.7 活性炭吸附法在水处理领域中的<br>应用 ..... | 379 |
| § 1.1 给水处理技术概述 .....              | 235 | <b>第九章 离子交换</b> .....            | 383 |
| § 1.2 废水处理技术概述 .....              | 239 | § 9.1 离子交换原理 .....               | 383 |
| <b>第二章 预处理技术</b> .....            | 244 | § 9.2 离子交换剂 .....                | 384 |
| § 2.1 废水的截留处理 .....               | 244 | § 9.3 离子交换操作 .....               | 389 |
| § 2.2 沉砂池 .....                   | 251 | § 9.4 离子交换装置的计算与设计 .....         | 391 |
| § 2.3 调节池 .....                   | 258 | § 9.5 离子交换法在水处理中的应用 ...          | 393 |
| <b>第三章 凝聚与絮凝</b> .....            | 261 | § 9.6 离子交换法在废水处理中的<br>应用 .....   | 396 |
| § 3.1 概述 .....                    | 261 | <b>第十章 化学沉淀</b> .....            | 400 |
| § 3.2 基本原理 .....                  | 262 | § 10.1 化学沉淀法原理 .....             | 400 |
| § 3.3 混凝设备 .....                  | 274 | § 10.2 化学沉淀法的应用 .....            | 402 |
| <b>第四章 沉淀与澄清</b> .....            | 282 | <b>第十一章 中和及 pH 值的控制</b> .....    | 406 |
| § 4.1 沉淀的基础理论 .....               | 282 | § 11.1 中和剂 .....                 | 406 |
| § 4.2 沉淀池的功能、类型及构造 .....          | 290 | § 11.2 中和处理的计算与设计 .....          | 407 |
| § 4.3 沉淀池的设计与计算 .....             | 295 | § 11.3 中和处理实例 .....              | 410 |
| § 4.4 斜板(管)沉淀池 .....              | 303 | <b>第十二章 氧化还原</b> .....           | 412 |
| § 4.5 澄清池 .....                   | 307 | § 12.1 氧化还原基本原理 .....            | 412 |
| <b>第五章 气浮</b> .....               | 314 | § 12.2 氧化剂与还原剂 .....             | 415 |
| § 5.1 气浮净水法的基本原理 .....            | 314 | § 12.3 氯氧化法 .....                | 418 |
| § 5.2 压力溶气气浮工艺 .....              | 315 | § 12.4 臭氧氧化法 .....               | 424 |
| § 5.3 溶气气浮法的设计 .....              | 317 | § 12.5 光氧化法 .....                | 438 |
| § 5.4 溶气气浮法的主要设备 .....            | 322 | § 12.6 还原法 .....                 | 438 |
| § 5.5 气浮池 .....                   | 326 | <b>第十三章 电解</b> .....             | 441 |
| § 5.6 溶气气浮法的运行管理及技术<br>经济分析 ..... | 328 | § 13.1 电解法的基本原理 .....            | 441 |
| § 5.7 溶气气浮法应用例 .....              | 329 | § 13.2 电解槽的结构型式和极板<br>电路 .....   | 442 |
| <b>第六章 过滤</b> .....               | 332 | § 13.3 电解处理法的效能 .....            | 443 |
| § 6.1 滤池的功能、作用和类型 .....           | 332 | § 13.4 电解法处理废水举例 .....           | 444 |
| § 6.2 滤料 .....                    | 335 | <b>第十四章 蒸发</b> .....             | 446 |
| § 6.3 滤池类型及其构造特征 .....            | 337 | § 14.1 蒸发基本原理 .....              | 446 |
| <b>第七章 离心分离</b> .....             | 360 | § 14.2 蒸发装置的类型与选择 .....          | 447 |
| § 7.1 概述 .....                    | 360 | § 14.3 蒸发装置的设计 .....             | 450 |
| § 7.2 离心分离设备 .....                | 360 | § 14.4 蒸发流程的选择与应用 .....          | 452 |
| <b>第八章 吸附</b> .....               | 366 | <b>第十五章 冷却、水质稳定</b> .....        | 454 |
| § 8.1 吸附的一般概念 .....               | 366 | § 15.1 水冷却的理论基础 .....            | 454 |
| § 8.2 吸附剂 .....                   | 367 | § 15.2 冷却构筑物的分类 .....            | 456 |
| § 8.3 吸附平衡与吸附速度 .....             | 369 | § 15.3 冷却塔的工艺构造 .....            | 458 |
| § 8.4 吸附装置 .....                  | 372 |                                  |     |

|                                          |     |                                            |     |
|------------------------------------------|-----|--------------------------------------------|-----|
| § 15.4 冷却塔的设计与计算 .....                   | 463 | § 21.5 污泥的消化稳定 .....                       | 767 |
| § 15.5 循环冷却水的水质处理 .....                  | 473 | § 21.6 污泥的干燥与焚化 .....                      | 771 |
| <b>第十六章 膜分离法</b> .....                   | 488 | § 21.7 污泥的利用与最终处置 .....                    | 775 |
| § 16.1 电渗析法 .....                        | 488 | <b>第二十二章 稳定塘</b> .....                     | 780 |
| § 16.2 反渗透法和超过滤法 .....                   | 507 | § 22.1 概述 .....                            | 780 |
| <b>第十七章 活性污泥法</b> .....                  | 526 | § 22.2 稳定塘的设计资料及其工艺<br>流程方案的确定 .....       | 781 |
| § 17.1 活性污泥反应的理论基础 .....                 | 526 | § 22.3 稳定塘的进水及预处理 .....                    | 784 |
| § 17.2 活性污泥反应动力学及其<br>应用 .....           | 535 | § 22.4 厌氧塘 .....                           | 785 |
| § 17.3 曝气池型式、构造与活性污<br>泥法系统的主要运行方式 ..... | 544 | § 22.5 兼性塘 .....                           | 792 |
| § 17.4 曝气及曝气装置 .....                     | 552 | § 22.6 好氧塘 .....                           | 796 |
| § 17.5 活性污泥系统的工艺计算<br>与设计 .....          | 574 | § 22.7 曝气塘 .....                           | 802 |
| § 17.6 活性污泥系统的进展 .....                   | 589 | § 22.8 深度处理塘 .....                         | 806 |
| § 17.7 活性污泥系统的运行管理 .....                 | 604 | § 22.9 稳定塘的塘体、衬砌及附属<br>设施 .....            | 808 |
| <b>第十八章 生物膜法</b> .....                   | 617 | § 22.10 稳定塘的塘址选择及<br>平面布置 .....            | 813 |
| § 18.1 生物滤池 .....                        | 617 | <b>第二十三章 废水土地处理</b> .....                  | 815 |
| § 18.2 生物转盘法 .....                       | 638 | § 23.1 概述 .....                            | 815 |
| § 18.3 生物接触氧化法 .....                     | 646 | § 23.2 土地处理系统的组成、作用<br>机理及工艺分类 .....       | 818 |
| § 18.4 生物流化床 .....                       | 652 | § 23.3 慢速渗滤系统(SR) .....                    | 821 |
| <b>第十九章 厌氧生物处理</b> .....                 | 659 | § 23.4 快速渗滤系统(RI) .....                    | 825 |
| § 19.1 厌氧生物处理的基本原理 .....                 | 659 | § 23.5 地表漫流系统(OF) .....                    | 830 |
| § 19.2 厌氧消化池 .....                       | 664 | § 23.6 废水湿地处理系统(WL) .....                  | 835 |
| § 19.3 厌氧接触法 .....                       | 680 | § 23.7 地下渗滤土地处理系统(UG) .....                | 843 |
| § 19.4 升流式厌氧污泥层反应器 .....                 | 687 | § 23.8 人工土壤层快速渗滤(ARI)<br>及污泥土地处理利用系统 ..... | 845 |
| § 19.5 厌氧生物滤池 .....                      | 699 | § 23.9 研究成果与国内外实例 .....                    | 845 |
| § 19.6 其他厌氧生物处理法 .....                   | 705 | <b>第二十四章 废水处理方法的选择<br/>与评价</b> .....       | 848 |
| § 19.7 厌氧生物处理的运行管理 .....                 | 714 | § 24.1 影响废水处理方法、流程的<br>各种因素 .....          | 848 |
| <b>第二十章 废水生物脱氮除磷</b> .....               | 722 | § 24.2 废水处理方法的选择与标准 .....                  | 852 |
| § 20.1 废水生物脱氮技术 .....                    | 722 | § 24.3 废水处理方法、流程的综合<br>评价 .....            | 857 |
| § 20.2 废水生物除磷与同步脱氮<br>除磷技术 .....         | 728 | <b>第四篇 水及废水处理系统</b>                        |     |
| § 20.3 生物脱氮除磷技术的计算与<br>实用举例 .....        | 732 | <b>第一章 饮用水处理系统</b> .....                   | 865 |
| <b>第二十一章 污泥处理、处置与利用</b> .....            | 738 | § 1.1 饮用水处理的基本方法 .....                     | 865 |
| § 21.1 污泥的分类、性质与其处理、处置<br>方法概述 .....     | 738 | § 1.2 常用饮用水处理工艺流程 .....                    | 870 |
| § 21.2 污泥浓缩 .....                        | 741 |                                            |     |
| § 21.3 污泥的调理 .....                       | 748 |                                            |     |
| § 21.4 污泥脱水与干化 .....                     | 754 |                                            |     |

|                             |      |                           |      |
|-----------------------------|------|---------------------------|------|
| <b>第二章 工业用水处理系统</b> .....   | 874  | § 4.3 丝织工业废水处理 .....      | 1066 |
| § 2.1 工业用水水质要求和处理方法         | 874  | § 4.4 麻纺织工业废水处理           | 1071 |
| § 2.2 工业用水预处理               | 876  | <b>第五章 化学纤维工业废水</b>       |      |
| § 2.3 软化水处理系统               | 877  | 处理                        | 1079 |
| § 2.4 水的除盐处理系统              | 878  | § 5.1 粘胶纤维工业废水处理          | 1079 |
| § 2.5 纯水与高纯水处理系统            | 882  | § 5.2 聚己内酰胺和锦纶纤维工业废水      |      |
| <b>第三章 城市废水处理系统</b> .....   | 885  | 处理                        | 1088 |
| § 3.1 城市废水处理系统的组成及其         |      | § 5.3 涤纶纤维工业废水处理          | 1093 |
| 功能                          | 885  | § 5.4 维纶纤维工业废水处理          | 1100 |
| § 3.2 城市废水的水质及处理程度          | 886  | § 5.5 聚丙烯腈纤维工业废水处理        | 1107 |
| § 3.3 城市废水的一级处理系统           | 888  | <b>第六章 石油炼制和石油化工废水</b>    |      |
| § 3.4 城市废水的二级处理系统           | 889  | 处理                        | 1114 |
| § 3.5 城市废水回用处理系统            | 894  | § 6.1 石油炼制废水处理            | 1114 |
| <b>第四章 小区废水处理系统</b> .....   | 897  | § 6.2 炼油废水处理实例            | 1129 |
| § 4.1 概述                    | 897  | § 6.3 石油化工废水处理            | 1133 |
| § 4.2 小区废水处理技术及流程           | 898  | <b>第七章 化学工业及有机磷农药工业</b>   |      |
| § 4.3 小区废水处理系统的设计           | 901  | 废水处理                      | 1151 |
| <b>第五篇 各种工业废水处理系统与技术</b>    |      | § 7.1 氮肥工业废水处理            | 1151 |
| <b>第一章 食品工业废水处理</b> .....   | 913  | § 7.2 硫酸工业废水处理            | 1156 |
| § 1.1 肉类加工工业废水处理            | 913  | § 7.3 医药工业废水处理            | 1159 |
| § 1.2 罐头生产工业废水处理            | 920  | § 7.4 有机磷农药工业废水处理         | 1164 |
| § 1.3 水产加工废水处理              | 929  | <b>第八章 冶金工业废水处理</b> ..... | 1181 |
| § 1.4 乳品工业废水处理              | 934  | § 8.1 矿山废水处理              | 1181 |
| § 1.5 淀粉工业废水处理              | 943  | § 8.2 烧结、球团废水处理           | 1184 |
| § 1.6 制糖工业废水处理              | 948  | § 8.3 炼铁厂废水处理             | 1188 |
| § 1.7 啤酒工业废水处理              | 955  | § 8.4 炼钢厂废水处理             | 1197 |
| <b>第二章 制浆造纸工业废水处理</b> ..... | 964  | § 8.5 轧钢厂废水处理             | 1205 |
| § 2.1 制浆造纸工业废水中的污染物         | 965  | § 8.6 有色金属冶炼废水的处理         | 1214 |
| § 2.2 制浆过程废水水质、水量           |      | <b>第九章 煤炭工业废水处理</b> ..... | 1219 |
| 及其处置                        | 966  | § 9.1 煤矿矿井排水处理与利用         | 1219 |
| § 2.3 造纸过程废水水质、水量及其         |      | § 9.2 选煤工业废水处理技术          | 1225 |
| 处理                          | 1000 | § 9.3 焦化工业废水处理            | 1236 |
| § 2.4 制浆造纸工业废水尾端处理技         |      | § 9.4 煤气厂废水处理             | 1245 |
| 术及系统设计                      | 1009 | § 9.5 煤气发生站废水处理           | 1255 |
| <b>第三章 轻工业废水处理</b> .....    | 1024 | <b>第十章 金属制品加工工业废水</b>     |      |
| § 3.1 制革工业废水处理              | 1024 | 处理                        | 1267 |
| § 3.2 纤维板工业废水处理             | 1038 | § 10.1 金属制品加工工业种类、        |      |
| <b>第四章 纺织工业废水处理</b> .....   | 1049 | 工艺及废水的产生                  | 1267 |
| § 4.1 毛纺织工业废水处理             | 1049 | § 10.2 电镀废水处理             | 1268 |
| § 4.2 棉纺织工业废水处理             | 1058 | § 10.3 含氰废水处理             | 1277 |
|                             |      | § 10.4 含铬废水处理             | 1285 |

|                                          |      |                                            |      |
|------------------------------------------|------|--------------------------------------------|------|
| § 10.5 含金、银废水处理 .....                    | 1295 | § 2.3 城市污水处理厂的厂址选择 .....                   | 1369 |
| § 10.6 含多种金属离子混合废水的<br>处理 .....          | 1296 | § 2.4 城市污水处理工艺流程的选定 .....                  | 1369 |
| § 10.7 污泥的处理和利用 .....                    | 1297 | § 2.5 城市污水处理厂的平面布置 .....                   | 1372 |
| <b>第十一章 放射性废水处理</b> .....                | 1301 | § 2.6 城市污水处理厂的高程布置 .....                   | 1374 |
| § 11.1 放射性废水的来源与分类 .....                 | 1301 | § 2.7 城市污水处理厂的配水(泥)、<br>计量与水质监测 .....      | 1375 |
| § 11.2 放射性废水的特征和处理要求 .....               | 1302 | § 2.8 城市污水处理厂的设计与工程<br>实例 .....            | 1377 |
| § 11.3 放射性废水的处理与处置 .....                 | 1303 | <b>第三章 城市废水的资源化与再用</b> .....               | 1384 |
| § 11.4 铀矿采冶废水处理 .....                    | 1306 | § 3.1 概述 .....                             | 1384 |
| § 11.5 原子能反应堆废水处理 .....                  | 1312 | § 3.2 再生水的回用类型、水质标准与回<br>用规范(指导书) .....    | 1386 |
| § 11.6 乏燃料处理厂废水处理 .....                  | 1320 | § 3.3 再生水回用实例与示范工程 .....                   | 1404 |
| § 11.7 原子能电站放射性废水处理 .....                | 1324 | <b>第四章 给水处理厂与污水处理厂<br/>工艺流程的 CAD</b> ..... | 1413 |
| § 11.8 放射性实验室废水处理 .....                  | 1326 | § 4.1 CAD 技术的发展与优缺点 .....                  | 1413 |
| § 11.9 医用放射性同位素废水处理 .....                | 1329 | § 4.2 CAD 所需硬件 .....                       | 1414 |
| § 11.10 辐照站废水处理 .....                    | 1331 | § 4.3 CAD 系统 .....                         | 1416 |
| <b>第十二章 清洁生产——防治工业污<br/>染的最佳途径</b> ..... | 1334 | § 4.4 CAD 软件及图形软件标准化 .....                 | 1419 |
| § 12.1 清洁生产概论 .....                      | 1334 | § 4.5 给排水工程设计程序 .....                      | 1421 |
| § 12.2 清洁生产防治工业废水<br>污染的实例 .....         | 1337 | § 4.6 Auto CAD 软件的发展与功能<br>介绍 .....        | 1424 |
| <b>第六篇 给水处理厂与污水处理厂</b>                   |      | § 4.7 给水处理和废水处理工程<br>的 CAD .....           | 1429 |
| <b>第一章 给水处理厂的设计</b> .....                | 1353 | <b>第五章 给水处理与废水处理的技<br/>术经济分析</b> .....     | 1434 |
| § 1.1 设计步骤与设计原则 .....                    | 1353 | § 5.1 造价构成分析 .....                         | 1434 |
| § 1.2 给水处理厂厂址选择与工艺流<br>程选定 .....         | 1354 | § 5.2 基本建设投资的估算 .....                      | 1435 |
| § 1.3 给水处理厂布置 .....                      | 1355 | § 5.3 生产成本的计算 .....                        | 1438 |
| § 1.4 给水处理厂设计举例 .....                    | 1357 | § 5.4 给水和污水处理厂建设项目的<br>经济评价 .....          | 1441 |
| § 1.5 给水处理厂典型工程 .....                    | 1364 | <b>主要参考文献</b> .....                        | 1444 |
| <b>第二章 城市污水处理厂的设计</b> .....              | 1367 | <b>汉英名词对照及索引</b> .....                     | 1447 |
| § 2.1 城市污水处理厂设计的基本<br>原则 .....           | 1367 |                                            |      |
| § 2.2 城市污水处理厂设计的基础<br>资料 .....           | 1368 |                                            |      |

# 第一篇 水资源与水环境污染





# 第一章 水资源及其开发利用

## §1 · 1 水圈与地球上水循环

水是地球上一切生命赖以生存、人类生活和生产必不可少的基本物质，是宝贵的自然资源。水约占地球表层 5km 地壳的 50% 以上，覆盖地球表面积 70.8%。所谓水圈，就是指地壳表面向下连续的水层，其上界为海洋、湖泊、沼泽、江河、冰川、雪山等地表水；下界比较复杂，界面不规则，主要为渗透至底部沉积物中的水。水圈中的水以气态、液态和固态三种形式存在。

水循环是指地球上各种形态的水，在太阳辐射、地心引力等作用下，通过蒸发、水汽输送、凝结降水、下渗以及径流等环节，不断地发生相态转换以及周而复始运动的过程。

从全球整体角度来说，这个循环过程可以设想从海洋的蒸发开始，蒸发的水汽升入空中，被气流输送至各地，大部分留在海洋上空，少部分深入内陆，在适当的条件下，这些水汽凝结成降水。其中海面上的降水直接回归海洋，降落到陆地表面的雨雪，除重新蒸发升入空中的水汽外，一部分成为地表径流补给江河、湖泊，另一部分渗入岩石和土层中，转化为壤中流与地下径流。地表径流、壤中流与地下径流，最后亦流入海洋，构成全球性统一的、连续有序的动态运动的大系统。

图 1-1-1 为全球海陆间水循环过程的概念图。整个过程可以分解为水汽蒸发、水汽输送、凝结降水、水分入渗，以及地表与地下径流等 5 个基本环节。这 5 个环节相互联系，相互影响，又交错并存，相对独立，并在不同的环境条件下呈现不同的组合。

通常按水循环的不同途径与规模，将全球的水循环区分为大循环与小循环。

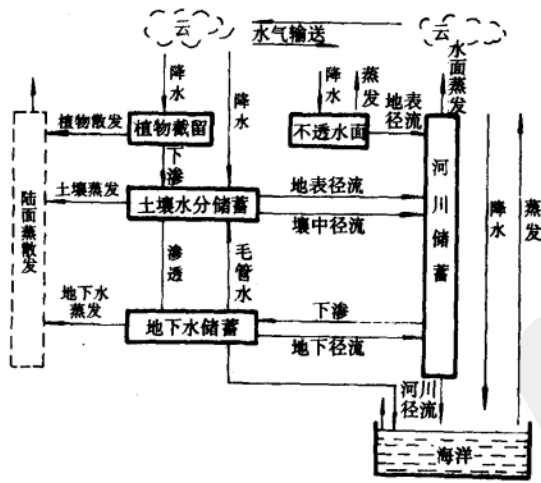


图 1-1-1 水循环示意图

大循环发生于全球海洋与陆地之间的水分交换过程。由于该过程遍及全球，故称大循环，又谓外循环。

小循环指发生于海洋与大气之间，或陆地与大气之间的水分交换过程，它又称为内部循环。前者可称为海洋小循环，后者称为陆相小循环。

## §1·2 世界的水资源

水资源的概念有两种,即广义水资源和狭义水资源。广义水资源包括地球水圈中各个环节和各种形态的水资源量;狭义水资源指可供人们取用的水资源量。本书论及的水资源盖指狭义的水资源。

地球上水的总储量约 14 亿  $\text{km}^3$ , 其中 97% 以上是海水。在占地球总水量约 3% 的淡水中, 77.2% 分布在南北两极地带及高山高原地带, 以冰帽或冰川形态存在。22.4% 以地下水或土壤水的形式存在。湖泊、沼泽水占 0.35%, 河水占 0.01%, 大气中水占 0.04%。其中便于人们取用的淡水只是河水、淡水湖水和浅层地下水, 其量估计约 300 万  $\text{km}^3$ , 占地球总水量的 0.2% 左右。因此, 淡水是一种极为有限的资源, 并不是“取之不尽、用之不竭”的资源。人们为求其永远生存和社会的可持续发展, 应该十分珍惜、竭尽全力保护这种宝贵资源。

表 1-1-1 提供了自然界水的分布的数据, 表 1-1-2 为地球上的水量平衡, 表 1-1-3 为世界各种水体的储量。由于资料来源不同, 估算数字有某些差异, 仅作参考。

表 1-1-1 自然界水的分布

| 类 型    | 水量 ( $\text{km}^3$ ) | 占全球水量 (%) | 平均滞留时间   |
|--------|----------------------|-----------|----------|
| 海洋     | 1 350 000 000        | 99.177 87 | 2 500 a  |
| 大气     | 13 000               | 0.000 96  | 8 至 10 d |
| 湖泊     | 100 000              | 0.007 35  | 几 d 至几 a |
| 河流     | 1 700                | 0.000 12  | 16 d     |
| 盐湖或内陆海 | 105 000              | 0.007 71  |          |
| 土壤     | 70 000               | 0.005 14  | 1a       |
| 地下水    | 8 200 000            | 0.602 41  | 1 400 a  |
| 冰川和冰帽  | 2 700 000            | 0.198 36  | 10 至几千 a |
| 生物体    | 1 100                | 0.000 08  | 7d       |
| 地球总水量  | 1 361 190 800        | 100 (%)   |          |

表 1-1-2 地球上的水量平衡

| 表面  | 面积<br>( $10^6 \text{km}^2$ ) | 降 水  |                       | 蒸 发  |                       | 径 流 (入 海) |                       |       |                       |      |                       |
|-----|------------------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|-----------|-----------------------|-------|-----------------------|------|-----------------------|
|     |                              |      |                       |      |                       | 地 表 水     |                       | 地 下 水 |                       | 总 计  |                       |
|     |                              | (mm) | ( $10^8 \text{m}^3$ ) | (mm) | ( $10^8 \text{m}^3$ ) | (mm)      | ( $10^8 \text{m}^3$ ) | (mm)  | ( $10^8 \text{m}^3$ ) | (mm) | ( $10^8 \text{m}^3$ ) |
| 地球  | 510                          | 1130 | 5 770 000             | 1130 | 5 770 000             | —         | —                     | —     | —                     | —    | —                     |
| 海洋  | 361                          | 1270 | 4 580 000             | 1400 | 5 050 000             | 124       | 447 000               | 6     | 22 000                | 130  | 470 000               |
| 陆地  | 149                          | 800  | 1 190 000             | 485  | 720 000               | 300       | 447 000               | 15    | 22 000                | 315  | 470 000               |
| 外流区 | 119                          | 924  | 1 100 000             | 529  | 630 000               | 376       | 447 000               | 9     | 22 000                | 395  | 470 000               |
| 内陆区 | 30                           | 300  | 90 000                | 300  | 90 000                | —         | —                     | —     | —                     | —    | —                     |

从上述表中所提供的资料可以看出, 由于世界各地水文、气象条件的差异, 水的存在形式复杂, 且在时空分布上极不均衡。表 1-1-4 列出了各大陆河流径流量及保证程度; 表 1-1-5 列出了若干国家的内源降雨径流量 (1987 年资料)。从表中可以看出, 由于受气候及地理环境要素的影响, 地球上各大洲及各个国家的水资源分布与人口分布极不相称。如北非和中东许多国家 (如埃及、沙特阿拉伯) 降雨量少, 蒸发量高, 径流量少, 人均淡水拥有量很少。相反, 冰岛、厄瓜多尔、印度尼西亚等国家, 由于气候原因, 每公顷 ( $10^4 \text{m}^2$ ) 淡水降雨量比贫水国高 1000 倍以上, 人均淡水拥有量也非常多。加拿大和中国的年降雨总量和每公顷降雨量大致相等, 但由于中国人口为加拿大的 40 倍以上, 所以中国人均淡水量仅为加拿大的 1/40。