

SHUICHULI JISHU

# 水处理技术

黄跃华 许铁夫 杨丽英 主编



黄河水利出版社

# 水 处 理 技 术

主 编 黄跃华 许铁夫 杨丽英  
副主编 蒯圣龙

黄 河 水 利 出 版 社  
· 郑 州 ·

## 内 容 提 要

本书主要介绍了水资源与水环境、水质标准,水处理方法及水处理工艺。在编写过程中体现职业教育的特点,注重并加强了实践教学环节。

本书可作为高职高专给水排水工程、环境工程、市政工程等专业的教材,也可作为从事城市给水排水工程技术人员参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

水处理技术/黄跃华主编. —郑州:黄河水利出版社,  
2013.12

ISBN 978-7-5509-0644-0

I. ①水… II. ①黄… III. ①水处理-技术 IV.  
①TU991.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 293550 号

组稿编辑:王志宽 电话:0371-66024331 E-mail:wangzhikuan83@126.com

---

出版社:黄河水利出版社

网址:www.yrcp.com

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:郑州海华印务有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:22

字数:508 千字

印数:1—3 100

版次:2013 年 12 月第 1 版

印次:2013 年 12 月第 1 次印刷

---

定价:45.00 元

# 前 言

近年来,我国对水环境治理越来越重视,无论是在净水工艺的升级、饮用水安全的保障领域,还是在污水的处理等领域,水处理理论和工程技术都得到较快的发展。国家相关的政策法规日益完善,规范标准逐步与世界接轨。从1982年至2011年12月底编制的各类相关水环境国家标准共计671项,特别是以《生活饮用水卫生标准》以及《污水综合排放标准》为代表的水质标准的不断完善,使得污染物排放限制日益严格。因此,传统的净水、污水处理工艺和新的处理技术发展具有了技术需求与广阔的市场,在整个给水排水专业的发展中,水处理领域也是近年发展最为迅速的。

我国水处理领域发展已有60多年的时间,积累了大量的理论基础和实践经验。自20世纪80年代初以《给水工程》、《排水工程》为代表的教材在我国水处理行业人员的培养方面起到了关键作用,至今仍被奉为本科教学中的经典教材,但其教学内容偏多,课程难度较大,对学生的基础要求较高。同时,目前给水和污水的处理技术方法逐渐模糊,工艺构成和技术措施趋同。因此,两门学科的整合,一方面能大大简化内容,另一方面也降低了教学难度,适合给水排水初学者学习。

基于以上原因,考虑到高职高专类给水排水专业教学特点和学时限制,本书在编写过程中对概念原理的阐述力图精简,减少了理论推导和不必要的计算。同时,对应用较少或逐步淘汰的技术方法进行了简单介绍,将教学的重点放在常用处理技术的机制、工艺参数、设计运行方法以及相关工艺的组合上,并对国内外水处理的新技术、新方法进行了必要的介绍。

本书打破了传统的净水处理、污水处理、深度处理等分类讲授方式,分绪论、水处理方法、水处理工艺三篇,对水质需求、处理方法以及各种工艺进行了较为全面的说明。不同于传统的理论教学,本书考虑到职业教学的特征,更加注重实践环节,特别是对工艺参数的选取、运营维护的方法等进行了独到的讲解,在内容上注意到了理论与实践的衔接。

《水处理技术》可作为高职高专类给水排水专业学生的授课或参考教材,推荐教学学时为96学时。

本书编写人员及编写分工如下:黑龙江建筑职业技术学院黄跃华编写第一篇第一章、第二章,第二篇第三章、第四章;黑龙江建筑职业技术学院杨丽英编写第二篇第五章、第六章、第七章,第三篇第十一章第六节;黑龙江建筑职业技术学院许铁夫编写第二篇第八章及水处理习题集(下);黑龙江建筑职业技术学院侯音编写第二篇第九章及水处理习题集(上);黄河水利职业技术学院侯根然编写第二篇第十章;河南建筑职业技术学院苗兆静编写第三篇第十一章第一节、第二节、第三节;河南建筑职业技术学院宋丽娟编写第三篇第十一章第四节、第五节;安徽水利水电职业技术学院蒯圣龙编写第三篇第十二章及附录。全书由黄跃华、许铁夫、杨丽英担任主编,并由黄跃华负责统稿,由蒯圣龙担任副主编。

在本书编写过程中,编者得到了哈尔滨工业大学崔崇威教授、黑龙江建筑职业技术学院边喜龙教授、广州市政技术学院吕宏德教授、哈尔滨磨盘山净水厂刘胜利和魏星际等专业技术人员的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,书中缺点和疏漏在所难免,恳请广大师生和专业人士批评指正。

编 者  
2013 年 7 月

# 目 录

## 前 言

## 第一篇 绪 论

|                      |      |
|----------------------|------|
| 第一章 水资源与水环境 .....    | (1)  |
| 第一节 水资源 .....        | (1)  |
| 第二节 水环境概论 .....      | (3)  |
| 第二章 水质标准 .....       | (6)  |
| 第一节 水中杂质种类与性质 .....  | (6)  |
| 第二节 水体自净规律 .....     | (10) |
| 第三节 水质指标及标准 .....    | (13) |
| 第四节 水处理方法和工艺流程 ..... | (16) |

## 第二篇 水处理方法

|                   |      |
|-------------------|------|
| 第三章 预处理方法 .....   | (22) |
| 第一节 调节与均衡 .....   | (22) |
| 第二节 化学预处理 .....   | (25) |
| 第三节 物理拦截 .....    | (27) |
| 第四章 凝聚与絮凝 .....   | (33) |
| 第一节 胶体的稳定性 .....  | (33) |
| 第二节 混凝机制 .....    | (35) |
| 第三节 混凝剂与助凝剂 ..... | (38) |
| 第四节 投药与混合 .....   | (44) |
| 第五节 混凝设施 .....    | (46) |
| 第五章 沉 淀 .....     | (54) |
| 第一节 沉淀的基本理论 ..... | (54) |
| 第二节 沉砂池 .....     | (57) |
| 第三节 沉淀池 .....     | (61) |
| 第四节 澄清池 .....     | (71) |
| 第六章 过 滤 .....     | (76) |
| 第一节 过滤原理 .....    | (76) |
| 第二节 滤料与配水系统 ..... | (80) |

|     |                      |       |
|-----|----------------------|-------|
| 第三节 | 滤池反冲洗 .....          | (88)  |
| 第四节 | 普通快滤池工作过程 .....      | (93)  |
| 第五节 | 几种常用滤池 .....         | (96)  |
| 第七章 | 消毒 .....             | (113) |
| 第一节 | 物理法消毒 .....          | (113) |
| 第二节 | 化学法消毒 .....          | (115) |
| 第八章 | 好氧生化处理法 .....        | (125) |
| 第一节 | 概 述 .....            | (125) |
| 第二节 | 活性污泥及其处理工艺 .....     | (127) |
| 第三节 | 活性污泥净化的阶段与影响因素 ..... | (128) |
| 第四节 | 活性污泥法的运行方式 .....     | (134) |
| 第五节 | 曝气与曝气设备 .....        | (146) |
| 第六节 | 生化反应脱氮除磷 .....       | (154) |
| 第七节 | 活性污泥法的工艺设计 .....     | (160) |
| 第八节 | 生物膜法机制 .....         | (170) |
| 第九节 | 生物膜法工艺 .....         | (172) |
| 第十节 | 生物膜法新工艺 .....        | (181) |
| 第九章 | 其他生化处理法 .....        | (193) |
| 第一节 | 厌氧生物处理的机制和影响因素 ..... | (193) |
| 第二节 | 厌氧生物处理工艺 .....       | (197) |
| 第三节 | 厌氧生物处理新技术 .....      | (202) |
| 第四节 | 污水的自然生物处理法 .....     | (206) |
| 第五节 | 污泥的处理与处置技术 .....     | (213) |
| 第六节 | 污泥处理工艺 .....         | (219) |
| 第十章 | 特殊处理方法 .....         | (243) |
| 第一节 | 吸附法 .....            | (243) |
| 第二节 | 吹脱法 .....            | (254) |

## 第三篇 水处理工艺

|      |                      |       |
|------|----------------------|-------|
| 第十一章 | 给水处理工艺 .....         | (257) |
| 第一节  | 地表给水处理原则 .....       | (257) |
| 第二节  | 地表给水处理方案 .....       | (259) |
| 第三节  | 高浊水与低温低浊水 .....      | (260) |
| 第四节  | 地表水的预处理与深度处理流程 ..... | (263) |
| 第五节  | 地下水处理方案 .....        | (268) |
| 第六节  | 地表水处理厂调试与运行管理 .....  | (272) |

|                                           |       |
|-------------------------------------------|-------|
| 第十二章 生活污水处理工艺 .....                       | (279) |
| 第一节 城市污水处理厂设计 .....                       | (279) |
| 第二节 生活污水的预处理与深度处理 .....                   | (295) |
| 第三节 生活污水处理厂设计实例 .....                     | (301) |
| 水处理习题集(上) .....                           | (307) |
| 水处理习题集(下) .....                           | (320) |
| 附 录 .....                                 | (328) |
| 附录1 我国鼓风机产品规格 .....                       | (328) |
| 附录2 氧在蒸馏水中的溶解度 .....                      | (328) |
| 附录3 空气管道计算图 .....                         | (329) |
| 附录4 泵型曝气叶轮的技术规格 .....                     | (330) |
| 附录5 平板叶轮计算图 .....                         | (331) |
| 附录6 地表水环境质量标准(GB 3838—2002)节选 .....       | (333) |
| 附录7 生活饮用水卫生标准(GB 5749—2006)节选 .....       | (336) |
| 附录8 污水综合排放标准(GB 8978—1996)节选 .....        | (342) |
| 附录9 城镇污水处理厂污染物排放标准(GB 18918—2002)节选 ..... | (342) |
| 参考文献 .....                                | (343) |



# 第一篇 绪 论

## 第一章 水资源与水环境

### 第一节 水资源

水是人类生产和生活不可缺少的物质,是生命的源泉,也是工农业生产和经济发展不可取代的自然资源。

随着工农业生产的发展,世界人口的不断增长,尤其是近几十年来人民生活水平的日益提高,用水量逐年增加。因此,每个国家都把水当作一种宝贵的资源,并加以开发、保护和利用。各国对水资源概念的理解有所不同。“水资源”一词最早出现在 1894 年美国地质调查局水资源处,其主要测量与观察地表水和地下水。1963 年,英国通过了水资源法,将水资源定义为“具有足够数量的可用水源”。在《不列颠百科全书》中,水资源被定义为“全部自然界任何形态的水,包括气态水、液态水和固态水”。1977 年,联合国教科文组织建议将水资源定义为“可以利用或有可能被利用的水源,具有足够数量和可用的质量,并能在某一点为满足某种用途而被利用”。

在《中华人民共和国水法》(简称《水法》)和《环境科学词典》中,分别对水资源进行了解释。水资源可以定义为“人类长期生存、生活和生产过程中所需要的各种水”,既包括了数量和质量的定义,又包括了使用价值和经济价值。从广义上讲,水资源是指人类能够直接或间接使用的各种水和水中的物质,作为生活资料和生产资料的天然水,在生产过程中具有经济价值和使用价值的水都可称为水资源;从狭义上讲,就是人类能够直接使用的淡水,这部分水主要指江、河、湖泊、水库、沼泽及渗入地下的地下水。不论从广义上还是从狭义上讲,水资源都包含着“量与质”的要求,不同的用水对质与量有不同的要求,其在一定的条件下可以相互转化。

地球表面的 70.8% 以上被水覆盖,总水量约为  $1.39 \times 10^9 \text{ km}^3$ 。其中,海洋水占 96.5%,地下水占 1.69%,冰川及永久积雪占 1.74%,湖泊水、水库水及沼泽水占 0.013 8%,江河水占 0.000 2%,大气水占 0.001%。在总储量中,咸水占 97.5%,淡水占 2.5%,而且仅有的淡水中又有 69.5% 为固态水,主要储存在高山及永冻层内,南北两极的储量最多;另一部分为地下水,占淡水的 30%;只有少部分存在于江河、湖泊、沼泽及大气中。

## 一、我国水资源概况

据统计,我国平均年降水量为 6.2 亿  $\text{m}^3$ ,平均年降水深度为 648 mm,小于世界陆地平均年降水深度 798 mm,也小于亚洲平均年降水深度 741 mm。河川径流量为 2.71 亿  $\text{m}^3$ ,占世界河川径流量的 5.69%,居世界第六位。从总淡水量上看,我国的水资源并不缺乏,但我国人口众多,人均占有水资源量仅为 2 360  $\text{m}^3$ ,相当于世界人均占有量的 1/4、美国的 1/6、巴西和俄罗斯的 1/11、加拿大的 1/50。因此,我国被列为世界 13 个贫水国家之一。

## 二、我国水资源的特点

### (一) 地区分布不均匀

从地表水资源看,东南部地区丰富,西北部地区缺乏。全国 90% 的地表径流、70% 的地下径流在南方地区,而占全国面积 50% 的北方地区只有全国 10% 的地表径流和 30% 的地下径流。

### (二) 时间分布不均匀

我国大部分地区的降水年内分配不均,年际变化大。南方地区受东南季风影响,雨季一般长达半年,每年集中在 3~7 月降雨,占全年降雨量的 50%~60%;北方地区,降水期较集中,一般在 6~9 月,降水量占全年的 70%~80%;西北地区为全国最干旱地区,主要包括新疆、宁夏、甘肃、内蒙古的西北部的沙漠地带,降雨量的年际变化率大,因此上述地区大多干旱少雨,河流较少,且有较大面积的无流区域。

## 三、我国水资源存在的问题

我国在 20 世纪 80 年代初用水为 450 亿  $\text{m}^3$ ,到了 20 世纪末已达 700 亿  $\text{m}^3$ 。工农业用水量增大,加剧了水资源的供需矛盾,污水排放量的增加,使得人类赖以生存的水资源环境受到了破坏,水体受到污染。虽然人类在积极地利用和改造并力争保持天然水源不受污染,但由于人类对自然的认识不深,不自觉地使天然水资源环境遭受破坏。目前,全国的日排污水量达 1.26 亿  $\text{m}^3$ ,而大多数污水未经处理直接排入水体,使地表水系统及近海受到污染。

我国的用水量在近 50 年迅速增加,使河川径流减少,引起西北、华北的环境和生态的较大变化。塔里木河为我国内陆河,流域人口 780 万,由于这些年的大量引水灌溉和一些不合理的开发利用,下游流量迅速减少,流域面积减小,1998 年统计,该河已缩短了 320 km 的径流。地下水的大量开采使得地面下沉。据统计,我国有 50 多个城市出现地面下沉等地质灾害。此外,近年来我国的污水年排放量为 460 亿  $\text{m}^3$ ,其中,生活污水 247.6 亿  $\text{m}^3$ 、工业废水 212.4 亿  $\text{m}^3$  (2003 年统计),这些污水绝大多数未经处理而直接排放,造成了江河、湖泊和地下水的污染。

## 四、水循环

地球上的水处于不停的循环运动之中,这种循环包括自然循环和社会循环。自然循环是水的基本运动方式。

### (一) 水的自然循环

自然界的水在太阳能照射和地心引力等自然力的影响下,通过水分蒸发、水汽输送、凝结降水、水分下渗和径流等方式,不停地流动和转化,从海洋到天空再到内陆,最后又回到海洋,循环不止,构成了自然循环。根据其循环途径可分为大循环和小循环。

大循环是指海陆之间的水分交换,即海洋中的水蒸发到空中,飘移到大陆上空凝结后降落到地表面,一部分汇入江河,通过地表径流回归大海;另一部分渗入地下,形成地下水,通过地下径流等形式汇入江河或海洋。

小循环是指海洋或陆地的水汽上升到空中凝结后又各自降入海洋或陆地上,没有海陆之间的交换,即陆地或海洋本身的水单独循环的过程。

### (二) 水的社会循环

人类社会为满足生活和生产的需要,以各种天然水体作为水源,摄取生活用水和生产用水,经过适当处理后,送入千家万户及工业生产过程中,经过使用后,水质不同程度地受到污染,再经过城市排水管网输送到指定位置,经过处理后回归自然水体。这一过程在人类生活、生产中循环往复,构成了水的社会循环,如图 1-1 所示。

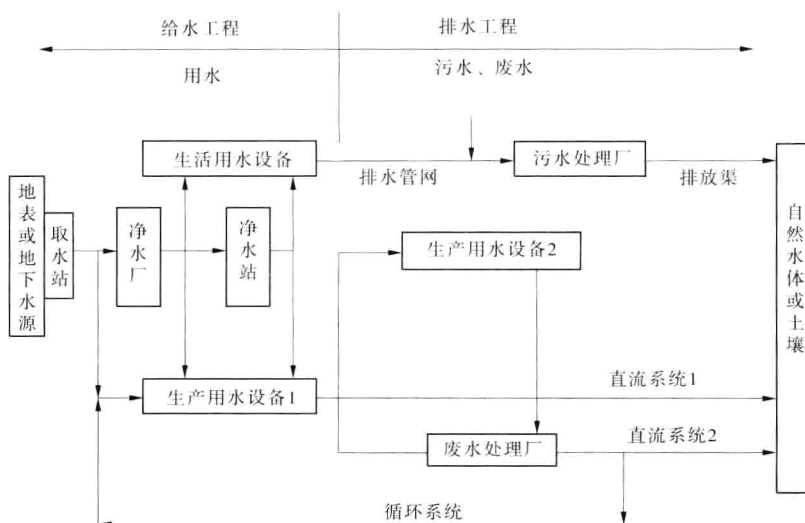


图 1-1 水的社会循环

现代城市的住宅、工厂及公共场所等各种建筑中供水的市政设施,称为给水系统或给水工程;为保证各种污、废水能安全排放或再利用而采取的整套工程设施,称为排水系统或排水工程。完善的给排水系统是现代城市和工业区必备的基础条件。

## 第二节 水环境概论

### 一、我国水环境的现状及污染情况

目前,我国年均水资源总量为 28 124 亿  $\text{m}^3$ ,居世界第六位,但由于人口众多,地域辽

阔,人均水量仅为  $2\,360\text{ m}^3$ ,仅相当于世界人均的 25%,低于人均  $3\,000\text{ m}^3$  的轻度缺水标准,是世界上缺水的国家之一,且我国水资源在时空上分布不均。目前,我国有 400 多个城市缺水,其中有 100 多个城市严重缺水。正常年份城市缺水 60 亿  $\text{m}^3$ ,日缺水量达 1 600 万  $\text{m}^3$ 。地下水多年超采,储量不足。

作为世界上第一人口大国和最大的发展中国家,我们在水资源使用和管理上面临着水资源短缺与水浪费并存、洪涝灾害与生态失衡并存、水环境污染与水管理不善并存的突出矛盾。我国七大江河水系普遍受到不同程度的污染,其中尤以海河和辽河流域污染为重。据有关资料显示:2002 年,七大水系 741 个重点监测断面中,29.1% 的断面满足 I ~ III 类水质要求,30% 的断面属 IV、V 类水质,40.9% 的断面属劣 V 类水质。2002 年,全国工业和城镇生活废水排放总量为 439.5 亿  $\text{m}^3$ ,比上年增加 1.5%,其中工业废水排放量 207.2 亿  $\text{m}^3$ ,比上年增加 2.3%,城镇生活污水排放量 232.3 亿  $\text{m}^3$ ,比上年增加 0.9%。由于 80% 以上的污水未经处理就直接排入水域,已造成 90% 以上的城市水域严重污染,近 50% 的重点城镇水源不符合饮用水标准,就连城市地下水都有 50% 受到严重污染。水中有毒有害的有机物问题已经越来越突出,如致癌物的水污染问题,一些城市饮用水中已有 20 多种致癌物。水资源不合理的开发利用,尤其是水污染的不断加重,引起了普遍缺水 and 严重的生态后果。

## 二、水环境的可持续发展

当前,我国水环境存在的问题主要有三个,其中之一就是水污染。尽管近二三十年来,我国在水污染防治方面出台了一系列水质标准和法律法规,但水污染的发展趋势仍未得到有效控制。2002 年国家环保总局公布的数字表明,地表水流经城市的河段有机污染较重,城市居民日常生活排放的污水和很多工业废水都含有大量的有机物质,有的工业废水还含有有毒有害的人工合成有机物,如合成农药和染料等,使我国大多数城市河流都存在严重的有机污染,导致城市水源水质下降和处理成本增加,严重威胁到城市居民的饮水安全和人民群众的身体健康,不仅加剧了水资源短缺的矛盾,也对我国正在实施的可持续发展战略带来严重的负面影响,后果非常严重。

事实已经证明,在处理经济增长与水污染的问题上,不能够采取先污染后治理的政策,而应该是预防为主,防治结合,综合治理。

### (一) 法律和行政手段

由于经济和法制的滞后,我国的水污染防治工作一直以健全法制和加强环境道德教育为主,经济处罚为辅。《中华人民共和国水污染防治法》(简称《水污染防治法》)于 2008 年 2 月修订通过,修订后的《水污染防治法》集中体现了我国水污染防治由以分散治理为主转向集中控制与分散治理相结合,由以末端治理为主转向全过程控制、清洁生产,由单一的浓度控制转向浓度控制和总量控制相结合,由以区域管理为主转向区域管理与流域管理相结合的指导思想的转变。国务院也规定全国所有工业污染源都要做到达标排放,对新建企业实行“三同时”制度,这为进一步加强水污染的防治工作奠定了坚实的法律基础。今后工作的重点应是加强监督管理和强化执法,加强机构建设,强化流域管理、达标管理、总量管理,真正做到有法必依、违法必究,最终实现水体变清,保障水资源的可

持续利用。

### **(二) 加大污废水治理力度**

转变观念,实现污水处理市场化。受传统思维定式的影响,人们觉得用水掏钱是理所当然的,但对排污也要掏钱则觉得难以接受。正因为如此,长期以来,城市排水设施及污水处理厂的建设和运营管理都是以国家和地方政府投资为主,这不利于污水处理事业的发展,也是我国水体普遍受到污染的最主要原因。

### **(三) 技术手段**

为了消除污染对环境的危害,从根本上说有两种途径:一是推广应用清洁生产和清洁产品,将污染消除在生产过程中,消除它们对水环境的污染,从而把水污染防治的重点由末端治理转向源头控制;二是采用适当的技术,消除污染物或将其转化为无毒无害的、稳定的物质。

## 第二章 水质标准

### 第一节 水中杂质种类与性质

天然水体按水源的种类可分为地表水和地下水两种,地表水是指经地表径流的江河水及湖泊、水库及海洋水;地下水根据其埋藏条件可分为上层滞水、潜水和承压水。

#### 一、天然水中的杂质及其特征

##### (一)天然地表水中杂质及其特征

天然地表水体的水质和水量受人类活动影响较大,几乎各种污染物质都可以通过不同途径流入地表水,并向下游汇集。

水是一种很好的溶剂,它不但可以溶解可溶物质,而且一些不溶的悬浮物、胶体和一些生物等均可以存在于水体中,因此自然界中的各种水源都含有不同成分的杂质。按杂质颗粒的尺寸大小可分为悬浮物、胶体和溶解物三类。以悬浮物形式存在的主要有石灰、石英、石膏及黏土和某些植物;呈胶体状态的有黏土、硅和铁的化合物,以及微生物生命活动的产物(腐殖质和蛋白质);溶解物包括碱金属、碱土金属及一些重金属的盐类,还包括一些溶解性气体,如氧气、氮气和二氧化碳等。除此之外,还含有大量的有机物质。水中杂质分类见表 2-1。

表 2-1 水中杂质分类

| 杂质   | 溶解物    |      | 胶体    |        | 悬浮物  |       |        |      |
|------|--------|------|-------|--------|------|-------|--------|------|
| 颗粒尺寸 | 0.1 nm | 1 nm | 10 nm | 100 nm | 1 μm | 10 μm | 100 μm | 1 mm |
| 分辨工具 | 电子显微镜  |      | 超显微镜  |        | 显微镜  |       | 肉眼     |      |
| 外观   | 透明     |      | 浑浊    |        | 浑浊   |       | —      |      |

##### (二)天然水的特性指数

水的物理性质的指标有色度、臭和味、浊度、固体含量及温度等。

色度表现为水体呈现不同颜色。纯净水无色透明,天然水中因含有黄腐酸而呈黄褐色,含有藻类的水呈绿色或褐色,较清洁的地表水色度一般为 15 ~ 25 度,湖泊水可达 60 度以上。饮用水色度不应超过 15 度。

臭和味主要来源于水体自净过程中水生动植物及微生物的繁殖和衰亡,以及工业废水中的各种杂质。目前,测定水的臭和味只能靠人体的感官进行。

浑浊度简称浊度,是表示水中含有悬浮及胶体状态的杂质物质。浑浊度一方面来自

于水中悬移质的输入,另一方面来自于生活污水与工业废水的排放。

水温受所在地气候条件影响较大,且与水的物理化学性质有关,气体的溶解度、微生物的活动及 pH、硫酸盐的饱和度等都受水温影响。一般情况下,天然水体的水温为  $0 \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

一般来讲,天然水源的地下水水质的悬浮物较少,但由于水流经岩层时溶解了各种可溶的矿物质,所以其含盐量高于地表水(海水及咸水湖除外),故其硬度高于地表水,我国地下水总硬度平均为  $60 \sim 300\text{ mg/L}$ ,有的地区可高达  $700\text{ mg/L}$ 。地表水以江河水为主,其水中的悬浮物和胶体杂质较多,浊度高于地下水,但其含盐量和硬度较低。

## 二、水体污染及污水的分类

水体污染是排入水体的污染物质总量超过了水体本身的自净能力,主要是由于人类生活、生产造成的。其主要污染源为工矿企业生产过程中产生的废水,城镇居民生活区的生活污水与农业生产过程中产生的有机农药污水也对水体产生污染。生活污水是指人类在日常生活中使用过的,并被生活废弃物所污染的水。工业废水是在工矿企业生产过程中使用过的并被生产原料等废料所污染的水。当工业废水污染较轻时,即在生产过程中没有直接参与生产工艺,没有被生产原料严重污染,如只是水温有所上升,这种污水通常称为生产废水,污染严重的水称为生产污水。

初期的降水由于冲刷了地表的各种污染物,污染也很严重,也应做净化处理。生活污水和工业废水的混合污水,称为城市污水。

污水经净化处理后,可排入水体、灌溉农田或重复利用。排入水体是污水的自然归宿。当污水排入水体后,水体本身具有一定的稀释与净化能力,污染物浓度能得以降低,但这也是造成水体污染的重要原因。灌溉农田可以节约水资源,但必须符合灌溉用水的有关规定,如果用污染超标水灌溉,一则不利农作物生长,二则污染了地下水或地表水。因此,农业灌溉用水也是水体受到污染的原因之一。

## 三、污水的性质

### (一) 物理性质及其指标

#### 1. 水温

生活污水的年平均温度相差不大,一般在  $10 \sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。水温升高影响水生生物的生存,水中的溶解氧随水温的升高而减少。另外,水温升高加速了污水中好氧微生物的耗氧速度,导致水体处于缺氧和无氧状态,使水质恶化。城市污水的水温与城市排水管网的体制及生产污水所占的比例有关。一般来讲,污水生物处理的温度范围在  $5 \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

#### 2. 臭和味

臭和味是一项感官性状指标。天然水是无色无味的。水体受到污染后产生臭味,影响了水环境。生活污水的臭味主要是由有机物腐败产生的气体造成的,主要来源于还原性硫和氮的化合物;工业废水的臭味主要是由挥发性化合物造成的。

#### 3. 色度

生活废水一般呈灰色。工业废水的色度由于工矿企业的不同差异很大,如印染、造纸

等生产污水色度很高,使人感官不悦。

#### 4. 固体物质

水中所有残渣的总和为总固体(TS),其测定方法是將一定量的水样在 105 ~ 110 ℃ 的烘箱中烘干至恒重,所得含量即为总固体量。总固体量主要由有机物、无机物及生物体三种组成。总固体也可按其存在形态分为悬浮物、胶体和溶解物。显然,总固体包括溶解物(DS)和悬浮固体(SS)。悬浮固体是由有机物和无机物组成的,根据其挥发性能,悬浮固体又可分为挥发性悬浮固体(VSS)(也称灼烧减重)和非挥发性悬浮固体(NVSS)(也称灰分)两种。挥发性悬浮固体主要是污水中的有机质,而非挥发性固体无机质。生活污水中挥发性悬浮固体占 70% 左右。

溶解固体的浓度与成分对污水处理效果有直接影响。悬浮固体含量较高,能使管道系统产生淤积和堵塞现象,也可使污水泵站的设备损坏。如果不处理直接排入受纳水体,能造成水生动物窒息,破坏生态环境。

### (二) 污水的化学性质及其指标

#### 1. 无机物指标

无机物指标主要包括氮、磷、无机盐类和重金属离子及酸碱污染物等。

##### 1) 氮、磷

污水中的氮、磷为植物的营养物质,对于高等植物的生长,氮、磷是宝贵物质,而对于天然水体中的藻类,虽然氮、磷是生长物质,但也会造成藻类的大量生长和繁殖,能使水体产生富营养化现象。在自然界中,氮、磷元素的含量较低,往往成为藻类等生成的限制因子。因此,合理控制污水中氮、磷的含量意义重大。

##### 2) 无机盐类

污水中的无机盐类,主要是指污水中的硫酸盐、氯化物和氰化物等。硫酸盐来自人类排泄物及一些工矿企业废水,如洗矿、化工、制药、造纸等工业废水。污水中的硫酸盐可以在缺氧状态下,在硫酸盐还原菌和反硫化菌的作用下还原成  $H_2S$ 。硫化物主要来自于人类的排泄物。某些工业废水中含有较高的氯化物,它对管道及设备有腐蚀作用。

污水中的氰化物主要来自电镀、焦化、制革、塑料、农药等工业废水。氰化物为剧毒物质,在污水中以无机氰和有机腈两种类型存在。

除此之外,城市污水中还存在一些无机有毒物质,如无机砷化物,主要以亚砷酸和砷酸盐形式存在。砷会在人体内积累,属致癌物质。

##### 3) 重金属离子

污水中的重金属离子主要有汞、镉、铅、铬、锌、铜、镍、锡等。重金属离子以离子状态存在时毒性最大,这些离子不能被生物降解,通常可以通过食物链在动物或人体内富集,使其产生中毒现象。上述金属离子在低浓度时,有益于微生物的生长,有些离子对人类也有益,但其浓度超过一定值后,即有毒害作用。需要说明的是,有些重金属具有放射性,在其原子裂变的过程中会释放一些对人体有害的射线,主要有  $\alpha$  射线、 $\beta$  射线、 $\gamma$  射线及质子束等;放射性金属主要是镭系和锕系元素,这些物质在生活污水中很少见,在某些工业废水如采矿业及核工业废水中会出现。一般情况下,其在城市污水中的含量极低。放射性物质能诱发白血病等疾病。



#### 4) 酸碱污染物

酸碱污染物主要由排入城市管网的工业废水造成。水中的酸碱度以 pH 反映其含量。酸性废水的危害在于有较大的腐蚀性;碱性废水易产生泡沫,使土壤盐碱化。一般情况下,城市污水的酸碱度变化不大,微生物生长要求酸碱度为中性偏碱为最佳,当 pH 超出 6~9 的范围时,会对人畜造成危害。

#### 2. 有机物指标

城市污水中含有大量的有机物,主要是碳水化合物、蛋白质、脂肪等物质。由于有机物种类极其复杂,难以逐一测定。但上述有机物都有被氧化的共性,即在氧化分解中需要消耗大量的氧,所以可以用氧化过程消耗的氧量作为有机物的指标。在实际工作中,经常采用生物化学需氧量(BOD)、化学需氧量(COD)、总有机碳(TOC)、总需氧量(TOD)等指标来反映污水中有机物的含量。

##### 1) 生物化学需氧量(BOD)

生物化学需氧量也称生化需氧量。

在一定条件下,即水温为 20℃,由于好氧微生物的生化活动,将有机物氧化成无机物(主要是水、二氧化碳和氨)所消耗的溶解氧量,称为生物化学需氧量,单位为 mg/L。

污水中的有机物分解一般分为两个阶段进行。第一阶段,主要是将有机物氧化分解为无机的水、二氧化碳和氨,此阶段也称为碳氧化阶段;第二阶段,主要是氨被转化为亚硝酸盐和硝酸盐,此阶段也称硝化阶段。

生活污水中的有机物需要 20 天左右才能完成第一阶段过程,即测定第一阶段的生化需氧量至少需要 20 天时间,而要想完成两个阶段的氧化分解需要 100 天以上,所以在实际工作中要想测得准确的数值需要的时间太长,有一定难度,故实际中常用 5 日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)作为可生物降解有机物的综合浓度指标。

五日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)占总生化需氧量(BOD<sub>u</sub>)的 70%~80%,即测得 BOD<sub>5</sub>,基本能折算出 BOD<sub>u</sub>。

生物化学需氧量(BOD)是表示污水被有机物污染的综合指标,是表示污水中有机物在生化分解过程中所需的氧量。BOD<sub>u</sub> 值的高低能直接反映可被微生物氧化分解的有机物的量,从卫生意义上,BOD<sub>u</sub> 值能直接说明水体的有机物污染情况。

##### 2) 化学需氧量(COD)

化学需氧量(COD)是用化学氧化剂氧化污水中的有机污染物质,使其氧化成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O,测定其消耗的氧化剂量,单位为 mg/L。常用的氧化剂有两种,即重铬酸钾和高锰酸钾。重铬酸钾的氧化性略高于高锰酸钾的。重铬酸钾作氧化剂时,测得的值称 COD<sub>Cr</sub>或 COD;高锰酸钾作氧化剂时,测得的值称 COD<sub>Mn</sub>或 OC,目前这一指标已称为高锰酸盐指数,通常来说,COD 可认为是 COD<sub>Cr</sub>。

显然,化学需氧量(COD)既能反映出易于被微生物降解的有机物,也能反映出难以被微生物降解的有机物,能较精确地表示污水中有机物的含量。

对同一种水样,COD 与 BOD<sub>5</sub> 的差值大致等于难以被生物降解的有机物量。差值越大,表明污水中难以被生物降解的有机物量越多,越不宜采用生物处理方法。所以,BOD<sub>5</sub>/COD 可以用来判别污水是否可以生化处理。一般认为,比值大于 0.3 的污水