



aodeng yuanxiao huanjing kexue yu gongcheng xilie guihua jiaocai
高等院校环境科学与工程系列规划教材

水处理技术概论



SHUICHULIJISHUGAILUN

● 主 编 张文启 薛 罡 饶品华



南京大学出版社

高等院校环境科学与工程系列规划教材

水处理技术概论

● 主 编 张文启 薛 罡 饶品华



读者服务入口



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

水处理技术概论 / 张文启, 薛罡, 饶品华主编.

—南京: 南京大学出版社, 2017. 11

高等院校环境科学与工程系列规划教材

ISBN 978-7-305-18699-8

I. ①水… II. ①张… ②薛… ③饶… III. ①水处理
—高等学校—教材 IV. ①TU991.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 114457 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093

出 版 人 金鑫荣

丛 书 名 高等院校环境科学与工程系列规划教材

书 名 水处理技术概论

主 编 张文启 薛 罡 饶品华

责任编辑 揭维光 吴 汀 编辑热线 025-83597482

照 排 南京理工大学资产经营有限公司

印 刷 南京鸿图印务有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 15 字数 360 千

版 次 2017 年 11 月第 1 版 2017 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-18699-8

定 价 38.00 元

网 址: <http://www.njupco.com>

官方微博: <http://weibo.com/njupco>

官方微信号: njyuxue

销售咨询热线: (025)83594756

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购
图书销售部门联系调换

序 言

作为生态文明建设的首要门槛,水环境保护是建设美丽绿色中国的核心内容。在坚持“节约优先、保护优先、自然恢复为主”的方针指导下,近年来我国水污染防治工作取得了积极进展。然而,由于治理水平偏低、污染物排放总量大、产业布局不合理,以及节水和环境意识不强等原因,水环境质量差、水资源保障能力弱、水生态受损重、环境隐患多等问题依然十分突出。发挥科技引领和市场决定性作用,强化严格执法,逐步形成“政府统领、企业施治、市场驱动、公众参与”的水污染防治新机制,推动形成绿色发展方式和生活方式。

《水处理技术概论》一书从水体源头处理起始,沿水的社会循环过程,对给水、工业用水、生活污水及典型工业废水处理技术进行概论性讲述,配合典型工程案例,将水处理技术基础有机地融合在各领域的水处理工艺中,如将混凝工艺的基础理论融于以混凝为重要处理单元的给水处理工艺中,将生物处理技术融入以生化为核心技术单元的城镇污水处理领域中,将离子交换和膜分离技术的基础理论融入工业用水领域讲述,将化学沉淀技术融入电镀废水处理中等,强调了水处理技术在各领域中的实践应用,适合应用型人才的培养。

《水处理技术概论》具有综合性和简练性的特色,将各领域的水处理技术综合在一起进行概述,提炼技术精要,目的是使读者在短时间内了解水处理的全貌,为后续的深入学习起到抛砖引玉的作用。

《水处理技术概论》的三位作者均是多年从事水处理领域的教学、科研和工程应用的专业教师,有着较为丰富的理论基础和实践经验。书中的一些案例是作者亲历的科研生产课题,许多内容是作者在多年

的教学科研工作中,总结、汲取国内外优秀教材、论著中的精华编写而成。

国家水污染防治的制度及政策的加严,水污染控制领域的战略需求,推动了战略性新兴产业的成长与发展,而发展的核心是环保技术和人才。该书出版目的是给读者看的,不是为了卖的。希望对于普通高校环境专业学生及相关工程技术人员的学习、工程设计及应用有所裨益。

徐子民

前 言

水处理技术涉及领域广泛,按处理原水的类型和处理的目的,可以将水处理分为给水处理和污水处理两个方面;而给水处理又包括生活用水处理和工业用水处理;污水处理主要包括城镇污水处理和工业废水处理。

虽然水处理工艺流程组合多种多样,甚至令人困惑,但应用的基本技术都遵循相同的基本原理。水处理基本技术可以归纳为物理法、化学法、物理化学法和生物法,各工业、生活领域采用的水处理工艺都是这些基本技术的组合,只是技术组合方式和工艺操作条件有所区别。目前涉及各领域的水处理书籍较多,分类很细,这样很多技术单元就会在不同的水处理教材中重复出现,难以相互综合衔接,对于水处理技术初学者而言,难以在较短时间内通过一本教材全面了解不同领域的水处理技术,对比分析不同领域水处理工艺的变化规律。

《水处理技术概论》正是基于上述目的,将给水处理、工业用水处理、城镇污水处理及典型工业废水处理技术融为一体来进行阐述,具有水处理知识的综合性和统一性的特点,避免了同一技术理论的重复论述,适合普通高校环境类专业学生以及企业相关工程技术人员使用。

本书编写过程中,得到了上海市教委重点课程建设项目的资助。上海工程技术大学和东华大学环境工程专业教师也给予了大力的帮助,在此真诚地表示感谢。同时也感谢本书在编写过程中引用参考文献及工程设计资料的作者。

由于编者水平有限,在本书各章节内容中难免出现漏误,希望读者提出批评,以便进一步改进。

编 者

2017年5月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 水资源、水循环及水污染	1
1.1.1 水资源	1
1.1.2 水循环	1
1.1.3 水污染及其管理	3
1.2 水质指标	6
1.2.1 物理性指标	6
1.2.2 化学性指标	10
1.2.3 生物指标	13
1.3 水质特征	14
1.3.1 天然水体	14
1.3.2 工业用水水质	15
1.3.3 城镇污水水质	18
1.3.4 工业废水	20
1.4 水质标准	25
1.4.1 地表水环境质量标准	25
1.4.2 生活饮用水与城市供水水质标准	25
1.4.3 污水回用标准	26
1.4.4 污水排放标准	27
1.5 节水与中水回用	29
1.6 水处理工艺技术	30
第2章 给水处理技术	32
2.1 给水处理工艺概述	32
2.1.1 处理工艺的发展	32
2.1.2 总体工艺特征	32
2.2 混凝工艺	33
2.2.1 混凝原理	33
2.2.2 混凝的影响因素	35
2.2.3 常用混凝药剂	37

2.2.4 混合及絮凝工艺	38
2.3 沉淀与澄清	40
2.3.1 沉淀与沉淀池	40
2.3.2 澄清与澄清池	41
2.4 过滤	43
2.4.1 滤池分类及特征	43
2.4.2 影响过滤效果的工艺参数	44
2.4.3 过滤装置	46
2.5 消毒	49
2.5.1 氯消毒技术	49
2.5.2 臭氧消毒技术	50
2.5.3 二氧化氯消毒	50
2.5.4 紫外线消毒技术	51
2.5.5 其他消毒技术	51
第3章 循环冷却水处理	53
3.1 冷却水系统	53
3.1.1 直流冷却水系统	53
3.1.2 循环冷却水系统及冷却塔	54
3.1.3 敞开式循环冷却水系统运行参数	56
3.1.4 敞开式循环冷却水系统运行问题	57
3.2 循环冷却水系统中水垢的形成与控制	58
3.2.1 水垢的形成与析出判断	58
3.2.2 水垢的控制	63
3.3 循环冷却水系统中金属的腐蚀及其控制	65
3.3.1 冷却水中金属腐蚀的原理	65
3.3.2 冷却水中金属腐蚀的形态	66
3.3.3 冷却水中金属腐蚀的影响因素	68
3.3.4 冷却水系统中微生物的腐蚀作用	71
3.3.5 冷却水中金属腐蚀的控制方法	73
第4章 锅炉水处理	80
4.1 锅炉及其用水标准	80
4.1.1 锅炉水汽系统	80
4.1.2 锅炉用水的质量标准	81
4.2 锅炉水处理技术	86
4.2.1 离子交换法	87
4.2.2 膜分离技术	91

第5章 城镇污水处理技术	98
5.1 物理处理技术	98
5.1.1 筛滤截留法	98
5.1.2 重力分离法	100
5.1.3 隔油和破乳	106
5.1.4 气浮法	107
5.2 污水的生物处理技术	108
5.2.1 生物处理的基本概念和生化反应动力学基础	108
5.2.2 好氧悬浮型生物处理工艺——活性污泥法	112
5.2.3 好氧附着型生物处理——生物膜法	128
5.2.4 污水的厌氧生物处理	135
5.2.5 厌氧和好氧技术的联合运用	137
5.3 污水的稳定塘和土地处理	137
5.3.1 污水的稳定塘处理	137
5.3.2 污水的土地处理	139
5.4 污泥处理与处置	141
5.4.1 污泥的来源及其特性	141
5.4.2 污泥中的水分存在形式	142
5.4.3 污泥的处理与处置技术	143
第6章 电镀废水处理技术	147
6.1 电镀废水的特点	147
6.2 电镀废水中重金属处理技术	147
6.2.1 化学沉淀法	147
6.2.2 离子交换及吸附法	148
6.2.3 螯合捕获处理法	151
6.2.4 氧化破络法	151
6.2.5 置换处理法	153
6.3 电镀废水中有机物的处理	154
6.3.1 有机物的来源和种类	154
6.3.2 有机污染物处理技术	155
6.4 电镀废水处理案例	156
6.4.1 提标改造项目	156
6.4.2 新建废水处理项目	164
第7章 纺织印染废水处理	175
7.1 纺织印染废水污染排放及治理现状	175

7.2 纺织印染废水排放标准发展趋势	177
7.3 棉纺织印染工艺及其废水处理	179
7.3.1 棉纺工艺及排放废水特征	179
7.3.2 棉纺废水治理	182
7.4 麻纺工艺及其废水处理	184
7.4.1 麻纤维的脱胶练漂工艺及排放废水特征	184
7.4.2 麻纺企业废水处理	185
7.5 丝织品加工工艺及排放废水	187
7.5.1 丝织品加工工艺概述	187
7.5.2 蚕茧缂丝和染整工艺及排放废水	187
7.5.3 绢纺织品生产染整工艺及废水排放特征	190
7.6 毛和毛纺织品加工及印染废水	191
7.6.1 毛和毛纺产品加工及印染工艺	191
7.6.2 毛及毛纺品加工印染废水治理	193
7.7 合成纤维印染废水排放特征	196
7.7.1 粘胶纤维废水处理	196
7.7.2 维纶生产废水处理	197
7.7.3 涤纶生产废水处理	197
7.8 纺织印染废水排放提标	199
7.8.1 技术难点剖析	199
7.8.2 管理问题	201
第8章 煤气焦化废水处理	202
8.1 废水的基本特征	202
8.2 废水处理技术研究现状	204
8.3 废水生物技术开发	210
8.3.1 废水中有机基质浓度对微生物生长速率的影响	210
8.3.2 废水处理生化环境的选择	211
8.3.3 废水处理系统各单元生物反应器构型的选择	215
8.4 废水深度处理技术	217
8.5 煤气废水处理案例	218
8.5.1 中试装置及操作参数	218
8.5.2 系统运行状况	220
8.5.3 系统对 COD 的去除特征	221
8.5.4 系统对酚类物质的去除特征	222
8.5.5 系统对氨氮的去除特征	224
主要参考文献	228

第1章 绪论

水是生物维系生命的基本物质,人类的生存及人类文明的出现和进步总是和水联系在一起的。水也是工业生产的血液,在制造、加工、冷却、净化、空调、洗涤、环保等方面发挥着重要的作用,几乎参与了工业生产的所有环节。

纯净的水是由氢、氧两种元素组成的,在常温常压下为无色无味的透明液体。然而,在水的循环过程中,特别是在其社会循环过程中,水质会发生变化,影响其使用功能,同时对水环境及生态系统产生危害。因此,需要进行处理达到水的生活饮用、工业利用、循环回用及水体排放等标准要求。由于被处理原水指标差异较大,处理目标或出路也不同,需采取不同的水处理工艺或不同的操作参数。水处理技术领域包括生活饮用水处理、工业用水处理、中水回用技术、工业废水处理及城镇污水处理等。

1.1 水资源、水循环及水污染

1.1.1 水资源

地球上的“水”很多,但海水占绝大部分,淡水量不足总水量的3%,而且多数是以冰川、冰帽的形式存在于极地,目前难以被人类利用,与人类关系密切、易于开发和直接利用的水资源不足1%。

我国水资源总量为27 434亿 m^3 ,居世界第6位,但由于人口众多,人均水资源拥有量只相当于世界人均的四分之一左右,属世界上水资源紧缺的国家之一。另外,我国大部分陆地疆域地处北半球中纬地带,受季风气候的影响,水资源时空分布不均的问题十分突出,其中北方6区水资源总量4 600亿 m^3 ,仅占全国的16.8%;而南方4区水资源总量为22 834亿 m^3 ,占全国的83.2%。这样,全国有45%的国土处在降水量少于400 mm的干旱少水地带,且降水多集中在6~9月,占全年降水量的70%~90%。集中的降雨,加之总体滞留、调蓄能力较差,大部分水量形成洪水径流而流失,难以利用。这样不仅造成严重干旱和土壤盐碱化,也导致我国水的供需矛盾日益突出,已成为制约工农业生产和城市发展的瓶颈。

水污染使水资源紧张状况更为严峻。虽然我国城市污水处理能力大幅度提高,2015年处理能力达1.4亿 m^3/d ,全年累计处理污水量达410.3亿 m^3 ,全国城市污水处理率达到91.97%,但仍有部分城市污水、工业废水没有处理或达不到排放要求,加上收集、输送难度较大的面源污染,水污染状况仍在加剧,只是污染速度有所减缓。

1.1.2 水循环

《圣经·旧约·传道者书》阐述“All streams flow into the sea, yet the sea is never

full. To the place the streams come from, there they return again.”明确了各种形式的水在不断地循环运动。该运动对水资源量及其分布、水体纳污能力及水质产生极其深刻的影响。水循环包括自然循环和社会循环,水的自然循环如图 1-1 所示。

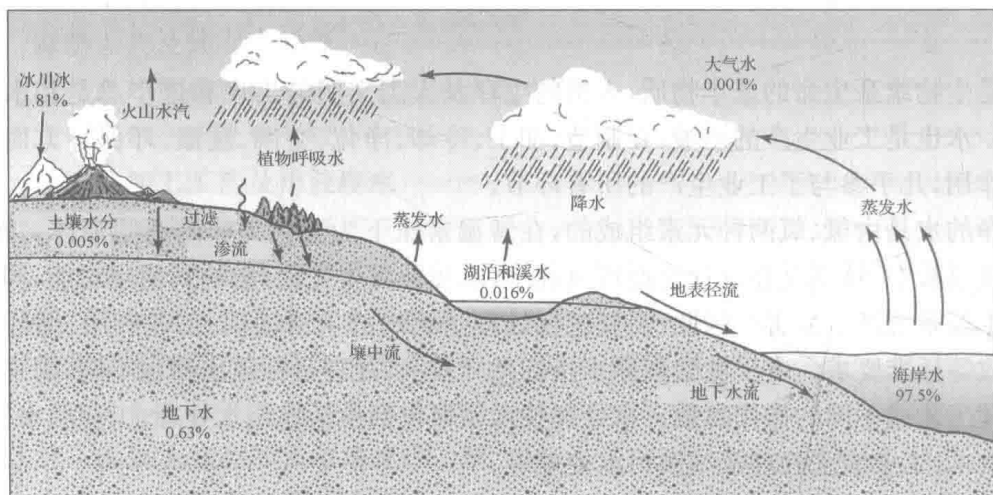


图 1-1 水的自然循环(图中的数据为不同类型水的体积百分比)

(Montgomery, C. Environmental Engineering, 6th ed. McGraw-Hill, Inc. New York, 2003)

自然循环是由海洋表面蒸发的水汽,随气流带到大陆上空,形成降水落回地面,再通过径流(地表及地下的)返回海洋的过程,这是发生在海陆之间的循环过程。

水的循环在地球上起到输送热量和调节气候的作用,对地球环境的形成、演化和人类生存都有重大的影响,也形成各种壮丽的自然景观。水循环决定水资源的特点,包括水存在形式的多样性,分布的广泛性,时空变化的随机性,以及水资源分配的巨大差异性。

水在自然循环过程中,水质会发生变化,甚至会引起严重的污染,然而水循环的特性决定了水是一种可更新的资源,具有自身净化作用,靠自身的自净能力一般可以解决自然的污染。然而,不同的水体自净能力有差异,需要依据水的自然循环规律,特别是水体的更替周期来指导对水的社会循环,包括水资源的开发利用和污染物的排放。

水的社会循环是指人类为了满足生活和生产的需求而进行的取水—使用—排水的全过程。该过程包括从天然水体中取水,通过输送至自来水厂进行给水处理,之后通过配水管网送到居民区或工厂使用;经过使用,一部分水被消耗,而大部分变成生活污水或工业废水,达到纳管排放要求进入市政污水收集系统,通过污水管网送至污水处理厂进行达标处理,重新进入天然水体,也有部分处理后回用于生活和生产中(如图 1-2 所示)。有时,为了获得更优质的水,在使用前还需要进行深度处理(如净水装置)或工业用水处理(如水的软化、脱盐处理等)。当然,污水回用设施也可以设置在污水收集系统之前或污水管网附近,即可以采用“原位”回用,减少对污水管网及污水处理厂的负荷,同时也方便回用水的利用。

水的社会循环体系包括给水系统、污水回用系统和排水系统。给水系统主要包括取水构筑物、水处理构筑物、泵站、输水管网及调节构筑物等。其中泵站可以分为抽取原水的一

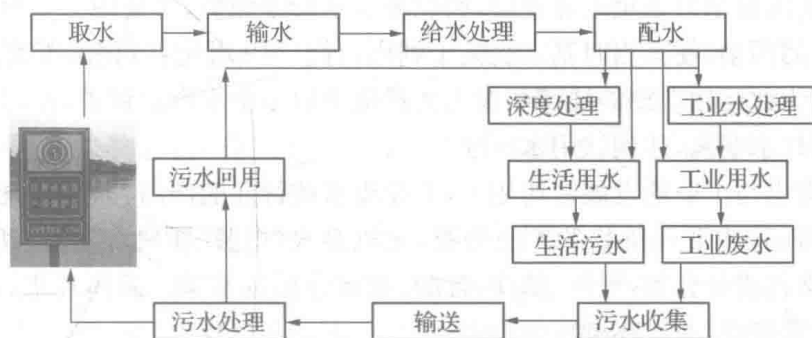


图 1-2 水的社会循环

级泵站、输送清水的二级泵站和设于管网中的增压泵站等；调节构筑物主要包括高地水池、水塔及清水池等用于贮存和调节水量的单元。

给水水源主要包括地下水源和地表水源，地下水源包括潜水（无压地下水）、自流水（承压地下水）和泉水；地表水源包括江河、湖泊、水库和海水。地下水一般水质较好，取水条件及取水构筑物构造简单，无需澄清处理，便于施工和运行管理，但对于规模较大的地下水取水工程需要较长时间的水文地质勘察；另外长期过量开采地下水可能造成地下水静水位大幅度下降，甚至还会引起地面沉陷。因此，城市、工业企业常利用地表水作为水源，这样城镇临近的水体（河流、湖泊等）一般是给水系统的水源和排水系统接纳水体。

某些沿海城市采用的水源为潮汐河流，该河流往往受到海水入侵，有时含盐量很高难以使用。为了取集淡水，可以用“蓄淡避咸”措施，在河口建立蓄淡避咸水库，当河水含盐量高时，取集水库的水作为水源；含盐量低时，直接取用河水使用。

对于水源地需要设置卫生防护地带，其范围和防护措施应该按照我国《生活饮用水卫生标准》（GB5749-85）的规定，包括：

（1）取水点周围半径 100 m 的水域内严禁捕捞、停靠船只、游泳和从事可能污染水源的任何活动，并应设有明显的范围标志和严禁事项的告示牌。

（2）河流取水点上游 1 000 m 至下游 100 m 的水域内，不得排入工业废水和生活污水；其沿岸防护范围不得堆放废渣、不得设立有害化学品的仓库、堆栈或装卸垃圾、粪便和有毒物的码头等。

（3）在生产区外围不小于 10 m 的范围内，不得设置生活居住区和修建禽畜饲养场、渗水厕所等，应保持良好的卫生状况和绿化。

取之于河流，还之于河流，形成一种受人类社会活动作用的水循环。水的社会循环可以严重地改变水质指标，引起水污染，如果处理不好，会产生一系列水与生态环境的问题。生活污水和工农业生产废水的排放，是水污染的主要根源，也是水污染防治的主要对象。

1.1.3 水污染及其管理

1984 年颁布的《中华人民共和国水污染防治法》中说明：水污染即指“水体因某种物质的介入而导致其物理、化学、生物或者放射性等方面特性的改变，从而影响水的有效利用，危害人体健康或破坏生态环境，造成水质恶化的现象”。

工农业的飞速发展，带来巨大环境问题，产生一系列的严重后果，甚至是灾难性事件。

早在 18 世纪,英国由于只注重工业发展,而忽视了水资源保护,大量的工业废水废渣倾入江河,造成泰晤士河污染,使其当时基本丧失了利用价值。19 世纪初,德国莱茵河也发生严重污染,德国政府为此运用严格的法律和投入大量资金致力于水资源保护,经过数十年不懈努力,才使莱茵河碧水畅流,达到饮用水标准。

我国水污染也与工业的发展密切相关,工业废水按行业的产品、加工对象分类:冶金、造纸、纺织、印染等;按主要污染物的性质分类:无机废水(电镀、矿物加工)有机废水(食品加工);按主要污染物成分分类:酸性、碱性、含酚、含重金属废水等。总体看来,工业废水具有多样性、危害大等特点,对水环境影响较大。

人类活动所排放的各类污水是水体主要污染源,有些污水、废水由管道收集后集中排放,称为点污染源;而大面积的农田地面径流或雨水径流也会对水体产生污染,由于其进入水体的方式是无组织的,通常被称为非点污染源,或面污染源。随着我国在点源污染治理率的大幅提高,面源污染已日益成为水环境质量改善的关键问题。据美国环保署的报告,美国江河湖海的污染负荷约三分之二来自于面源;多数学者认为我国的江河湖海来自面源污染的负荷也超过了点源。为此 2015 年农业部出台《农业部关于打好农业面源污染防治攻坚战实施意见》,通过提升监测预警能力、实施化肥农药零增长行动等,深入推进农业面源污染防治工作。此外,近年来我国旧城区仍存在脏差现象,造成城市面源污染加剧,大量污染物由地表暴雨径流排入水体,由城市面源污染引起的水环境问题已经严重地制约城市的可持续发展。

为了改善我国水污染状况,在“十二五”期间,水体污染控制与治理科技重大专项(水专项)坚持“减负修复”阶段目标,共启动 231 个课题,中央财政资金 43.62 亿元。截至 2015 年,水专项研发突破了钢铁、石化等典型行业全过程污染控制、城市开发和黑臭河道治理、规模化种植业面源污染一体化控制模式、河湖湿地水生态修复、水生态功能四级分区、排污许可管理、水生态监测评价等关键技术。

在水污染治理的同时,必须要严格控制污水的排放,从污染源头做起。然而,目前污染排放控制仍面临许多难题,有些地区甚至引发环境事件。据统计,2009 年我国环保部接报的 12 起重金属污染事件,致使 4 035 人血铅超标,182 人镉超标,引发 32 起群体事件。2015 年,环境保护部调度处置突发环境事件共 82 起。其中,重大事件 3 起(甘肃某铋业有限公司选矿厂尾矿库溢流井破裂致尾砂泄漏事件、河北省某县城区地下水污染事件、济南某地发生危险废物倾倒致人中毒死亡事件)、较大事件 3 起、一般事件 76 起。从事件起因看,生产安全事故引发的 48 起、交通运输事故引发的 12 起、自然灾害引发的 9 起、企业违法排污引发的 4 起、其他原因引发的 9 起。此外,在一些偏远地区,偷排现象也时有发生。

针对这种情况,需要进行环保宣传、讲道理,改变人们的环境伦理观;当环保与经济效益冲突时,必须立法加以保护水资源,强制执行。

世界水污染防治法的历史可以追溯到 19 世纪,英国 1876 年制定了《河流污染防治法》,日本 1896 年制定了《河川法》等。20 世纪 50 年代以后,许多国家都加强了水污染防治方面的立法,制定了较完备的水污染防治法,如日本的《水质污染防治法》、美国的《水净化法》等。

我国在 50 年代开始注意水污染的防治,如 1959 年制定了《生活饮用水卫生规程》。70 年代后《关于保护和改善环境的若干规定》、《中华人民共和国环境保护法(试行)1979》等。

1984年5月全国人大常委会通过《中华人民共和国水污染防治法》。之后,该法经历1996年和2008年两次重大修改,从立法理念到制度构建都有了重大变化,对具有不同特点的水污染防治有了针对性的措施。新增了诸多实质性内容,特别是在水污染事件的应急管理、政府责任、违法界限、污染物总量控制、排污许可证管理、饮用水源地管理、处罚力度及追究民事赔偿责任等方面有了较大的强化和完善。

《中华人民共和国环境保护法》于2014年4月24日修订,2015年1月1日实施。该法律的突出特点是将环境保护提高至战略地位,加大违法成本,严格法律责任,实行按日计罚,处罚无上限的原则。将环保问题与刑事事件关联,违反本法规定,构成犯罪的,依法追究刑事责任。新环保法完善了五条环保基本制度,包括环境监测制度、环评制度、联防制度、“三同时”制度、总量控制和区域限批制度。新环保法的出台对我国水环境的改善及环保产业的健康发展都具有极为重要的意义。

2015年《政府工作报告》提出实施水污染防治行动计划,加强江河湖海水污染、水污染源和农业面源污染治理,实行从水源地到水龙头全过程监管的工作任务。按照党中央、国务院的统一部署,环境保护部、发展改革委、科技部、工业和信息化部、财政部、国土资源部、住房城乡建设部、交通运输部、水利部、农业部、卫生计生委、海洋局等部门,于2015年4月共同编制了《水污染防治行动计划》,即《水十条》,包括“管理篇”、“技术篇”和“国外案例”三部分,并进行了详细解读。

《水十条》确定的工作目标是:到2020年,全国水环境质量得到阶段性改善,污染严重水体较大幅度减少,饮用水安全保障水平持续提升,地下水超采得到严格控制,地下水污染加剧趋势得到初步遏制,近岸海域环境质量稳中趋好,京津冀、长三角、珠三角等区域水生态环境状况有所好转。到2030年,力争全国水环境质量总体改善,水生态系统功能初步恢复。到本世纪中叶,生态环境质量全面改善,生态系统实现良性循环。按照“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的原则,为确保实现上述目标,《水十条》提出了10条35款,共238项具体措施。除总体要求、工作目标和主要指标外,可分为四大部分。1~3条为第一部分,提出了控制排放、促进转型、节约资源等任务,体现治水的系统思路;4~6条为第二部分,提出了科技创新、市场驱动、严格执法等任务,发挥科技引领和市场决定性作用,强化严格执法;7~8条为第三部分,提出了强化管理和保障水环境安全等任务;9~10条为第四部分,提出了落实责任和全民参与等任务,明确了政府、企业、公众各方面的责任。为了便于贯彻落实,每项工作都明确了牵头单位和参与部门。

国外城市水体综合整治案例主要例举了英国伦敦泰晤士河、韩国首尔清溪川、德国埃姆舍河、法国巴黎塞纳河和奥地利维也纳多瑙河。《水十条》分别从水环境问题分析、治理思路及措施和治理效果三方面介绍国外水体整治的成功经验,分析了这些案例污染治理技术及其产生的经济和社会效益。

环保议题是2017年两会聚焦的重点,环保热词包括:治霾、PPP、大气污染防治、水环境治理、黑臭水体、土壤治理、环保税、环保督察、垃圾分类、垃圾焚烧和河长制等。

2017年5月中共中央政治局就推动形成绿色发展方式和生活方式进行第四十一次集体学习。中共中央总书记习近平在主持学习时强调,推动形成绿色发展方式和生活方式是贯彻新发展理念的必然要求,必须把生态文明建设摆在全局工作的突出地位,坚持节约资源

和保护环境的基本国策,坚持节约优先、保护优先、自然恢复为主的方针,形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式、生活方式,努力实现经济社会发展和生态环境保护协同共进,为人民群众创造良好生产生活环境。

1.2 水质指标

水在循环过程中会受污染而发生水质变化,这些变化可以通过水质指标来表达。水质指标是通过对水中污染物定性、定量检测得出的。按照水中污染物的性质,水质指标主要包括物理性指标、化学性指标和生物性指标。

1.2.1 物理性指标

物理性指标一般可以通过感官感受到,主要包括温度、色度、嗅味、固体物质、浊度及电导率等。这些指标对水的使用功能及水环境具有重要的影响,需要通过标准方法进行定量检测。

1. 温度

天然水的温度因水源而不同。地表水的温度随季节气候条件而变化,其范围大约在 $0.1\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。地下水的温度比较稳定,一般变化于 $8\sim 12^{\circ}\text{C}$ 左右。饮用水的温度在 10°C 左右较适宜,低于 5°C 对胃粘膜有害。

许多工业排出的废水都有较高的温度,如冷却水、焦化废水、印染废水等,这些废水排放水体会引起水体的热污染。氧气在水中的溶解度随水温升高而减少,热污染导致水中溶解氧减少;另外,水温升高加速耗氧反应,最终导致水体缺氧或水质恶化,影响水生生物的生存和对水资源的利用。近年来,废水的热量逐渐引起了环保人士的重视,可以提取回收废热能源,应用于水污染控制中,如利用电厂的废热能源来治理印染行业的高盐废水。

水温测定应在现场进行,测定地点和深度应与所取水样相同,一般使用刻度为 0.1°C 的水银温度计测试。

2. 色度

纯净的水是无色的,但天然水经常表现出各种颜色。由于腐殖质等污染物的存在,河湖水常带有黄褐色或黄绿色。水中悬浮泥沙、矿物也会带有颜色,各种藻类对水的颜色也有影响。一些金属化合物或有机物造成的颜色称为“真色”。一般工业废水,如印染、造纸、焦化等废水会产生很深的各种颜色。

色度指标易于直观察觉,可以采用比色法进行测定,标液采用氯铂酸钾和氯化钴配制,由于氯铂酸钾的价格较贵,一般采用重铬酸钾和硫酸钴配制代用色度标准溶液。多数清洁的天然水色度在 $15\sim 25$ 度范围,造纸用水和纺织用水对色度有严格的要求,而染色用水则要求更高,需要在5度以下。

在废水处理实践中,如果废水颜色单一、稳定,可以通过测定最大吸收波长,采用分光光度法进行定性、定量测试。

3. 嗅和味

天然水是无嗅无味的。当水体受到污染后会产生异样的气味,用鼻子闻到的称为臭,用口尝到的称为味,这一指标主要用于生活用水,是判断适合饮用与否的重要指标之一。

水的异臭来源于还原性硫(如低浓度硫化氢)、氮的化合物、挥发性有机物(如硫醇、吡啶等)和氯气等污染物质;不同盐分会给水带来不同的异味,如氯化钠带咸味,硫酸镁带苦味,铁盐带涩味,硫酸钙略带甜味等。

目前,按一定检测程序的感官法仍然是测量废水散发气味常用的方法。由于温度对水的气味影响很大,所以测定臭与味往往在室温(20℃)和加热(40~50℃)两种情况下进行。我国饮用水及回用中水标准规定,原水及煮沸水都不应有异臭味,而国外规定水臭与味强度不超过2级(如表1-1)。

表 1-1 臭与味的强度等级

级 别	强 度	说 明
0	无	没有可感觉到的气味
1	极弱	一般使用者不能感到,有经验的水分析者可以察觉
2	微弱	使用者稍注意可以察觉
3	明显	容易察觉出不正常的气味
4	强烈	有显著的气味
5	极强	严重污染,气味极为强烈

有些特殊恶臭有机物可以采用仪器分析其浓度,如采用气相色谱(GC)、气相色谱/质谱(GC/MS)等方法。针对目前特殊污染物,还开发了甲醛测定仪、VOC 测定仪、油气测定仪等移动式设备;硫化氢可用仪器测量,可检测浓度低至1ppb。

4. 固体物质

水中固体物质成分及其之间的关系如图1-3所示。

水中所有残渣的总和称为总固体(TS),总固体包括溶解物质(DS)和悬浮固体物质(SS)。水样经过滤(最常用的滤纸是沃特曼(Whatman)玻璃纤维滤纸,其孔径为1.58 μm)后,滤液蒸干所得的固体即为溶解性固体(DS),滤渣脱水烘干后即是悬浮固体(SS)。固体残渣根据挥发性能可分为挥发性固体(VS)和固定性固体(FS)。将固体在550℃左右的温度下灼烧,挥发掉的量即是挥发性固体(VS),灼烧残渣则是固定性固体(FS)。溶解性固体表示盐类的含量,悬浮固体表示水中不溶解的固态物质的量,挥发性固体反映固体的有机成分量。

水中悬浮固体对水的透明度影响很大,但一般较溶解性固体容易处理。挥发性溶解固体是水中有有机污染的重要来源,不挥发溶解性固体指的是水中无机盐。在废水处理中,高盐高有机物废水是目前废水处理领域的难题,废水中盐度高到一定程度,会影响生物细胞的渗透压和微生物的正常生长,难以采用生物处理工艺降解其中的有机物,只能采用运行费用较