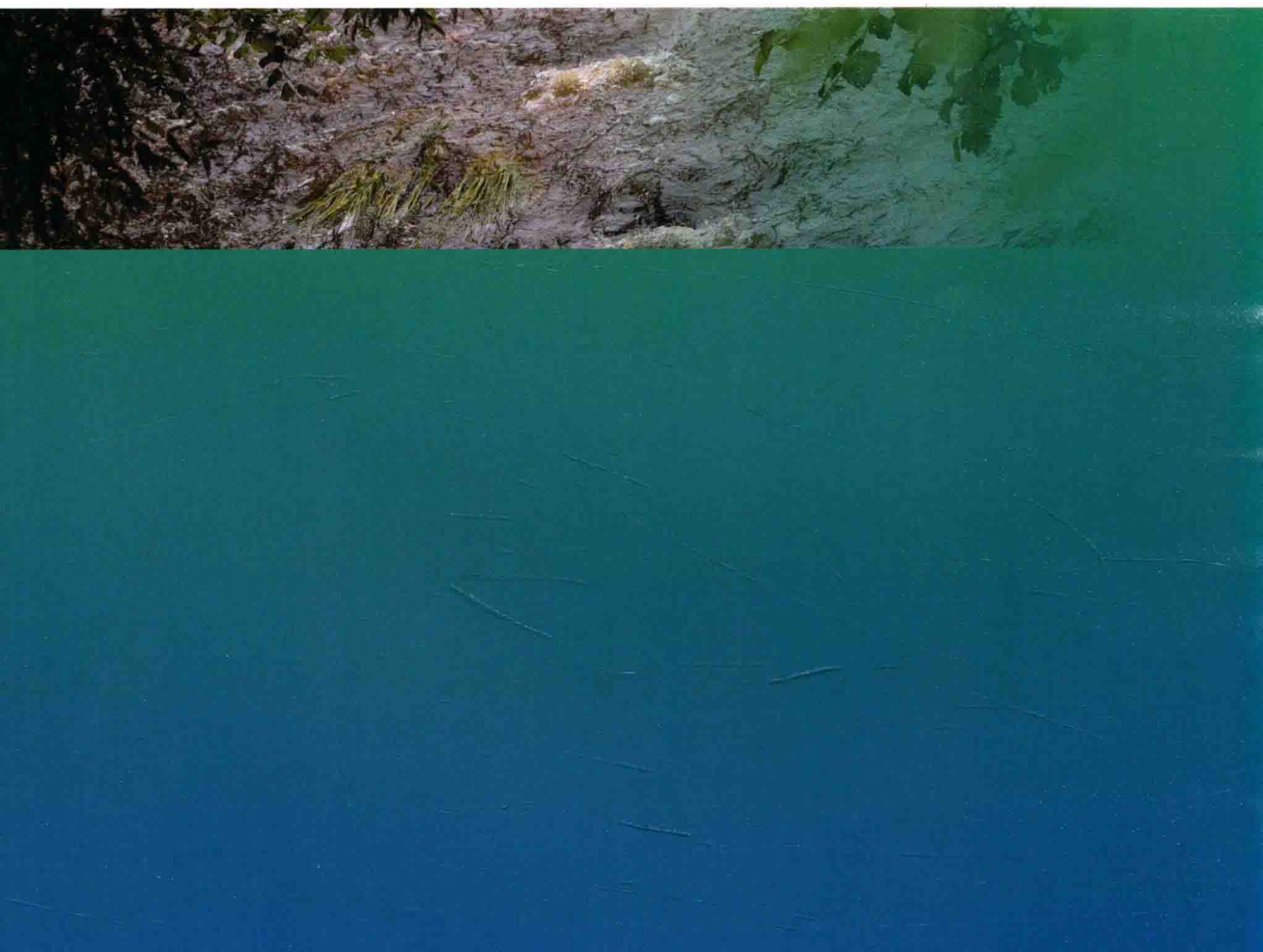


北方富营养化水体 生态修复技术

主 编 宋关玲 王 岩
副主编 王海霞 李述刚



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位

北方富营养化水体生态 修复技术

主 编 宋关玲 王 岩
副主编 王海霞 李述刚

图书在版编目 (CIP) 数据

北方富营养化水体生态修复技术/宋关玲, 王岩主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2015. 7
ISBN 978-7-5184-0419-3

I. ①北… II. ①宋… ②王… III. ①水体—富营养化—污染防治—研究—中国 IV. ①X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 129872 号

责任编辑: 王 朗 责任终审: 劳国强
责任校对: 晋 洁 责任监印: 张 可 封面设计: 锋尚设计

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2015 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 10.25

字 数: 234 千字 插页: 1

书 号: ISBN 978-7-5184-0419-3 定价: 48.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

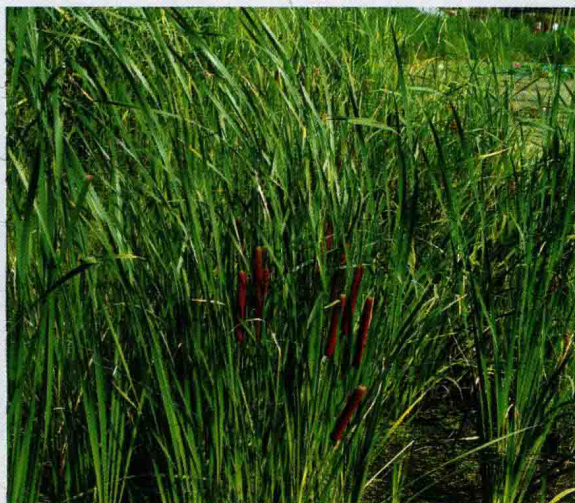
Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

150481K4X101ZBW



黑三棱



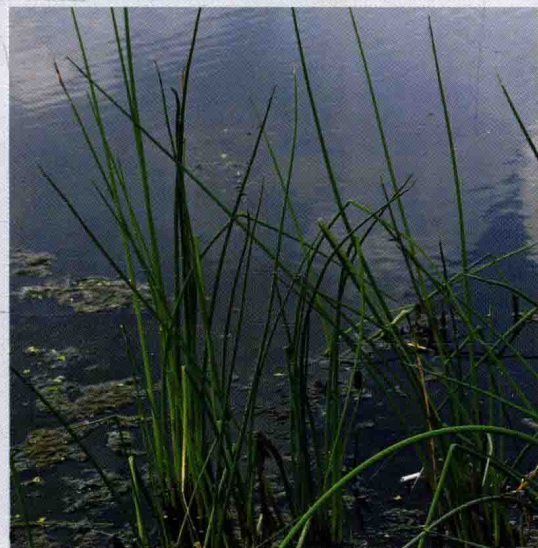
长苞香蒲



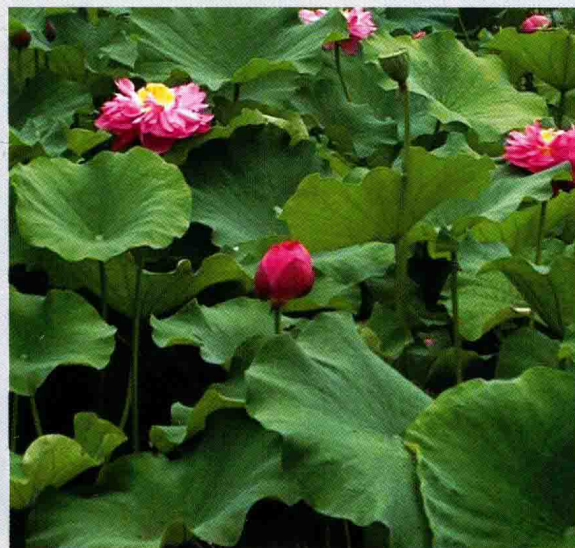
雨久花



菱



水葱



睡莲

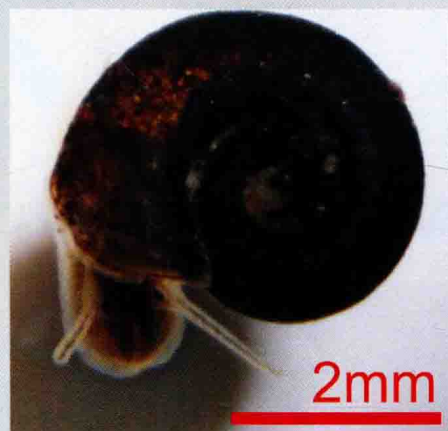
图 3.1 北方常见湿生、水生植物



蜉蝣科样本



四节蜉科样本



扁卷螺科样本



龙虱科样本



伪蜉科样本



石蛾科样本



腺状介虫科样本



水蛭科样本

图 7.1 北方水域常见底栖动物

编写人员名单

主 编 宋关玲 王 岩

副 主 编 王海霞 李述刚

参编人员 (以姓氏笔画为序)

丁玉松 马儒林 牛 强 木拉提

冯刚玲 吴 越 张志威 林 霖

郑荣华 徐上知

前 言

由于人类的活动引起的氮、磷等营养元素过量输入水体,导致藻类异常繁殖,致使水质恶化的水体富营养化现象已经是一个全球性的环境问题。水体富营养化会引起水质的改变,造成水生生态系统结构和功能的变化,表现为水质恶化、水体能见度降低、水生植物光合作用能力下降、景观破坏、蓝藻等水生生物异常大量繁殖、水体溶解氧浓度降低、鱼类等水生动物大量死亡、生物多样性锐减、水体自净能力降低等一系列问题。这种被称为水体“提前老化”的富营养化现象给供水、水利、航运、养殖、旅游以及人类的健康等造成了巨大的危害。

富营养化水体的治理总体上概括为控制外源污染和降低内源污染两个方面。生态修复技术是利用生态学的原理来控制水体的外源污染,并降低水体的内源污染。由于该技术具有廉价、美观、不易产生二次污染等特点而成为水体污染治理的研究热点。目前,中国广大的北方水体富营养化问题日益加重,很多湖泊、水库和城市内河流都出现了水体富营养化的现象。选择适合北方环境的水体生态修复技术,对外源水体污染进行截污和降低内源污染的浓度势在必行。本书是在这样的环境条件下,结合编者多年的研究经验,总结和整理了适合北方水体生态修复的一系列技术,希望能给富营养化水体的治理工作提供一定的帮助。

本书共分为7章。第1章绪论,介绍目前水体污染的情况、污染类型以及水体富营养化治理的方法。第2章生态护坡建设,介绍生态护坡的类型、机制和效应、护坡植物的选择效应以及植物群落的情况。第3章北方常见的水体修复植物,介绍富营养化水体水生植物修复的原则、机理以及适合利用于中国北方富营养化修复的主要水生植物种类。第4章代表植物适应修复条件的实验研究,以北方常见的水体修复植物青萍和紫萍为实验材料研究了两种植物对氮、磷浓度,温度, pH 以及主要重金属污染的适应情况,确定适合应用的具体水体和气候条件。第5章人工湿地和浮床技术,介绍人工湿地和人工生态浮床技术,人工湿地主要介绍了湿地种类、作用、存在问题以及湿地设计的原则等内容;人工生态浮床主要介绍常用的浮床类型、北方常用的修复植物及存在的问题等。第6章微生物修复水体富营养化技术,主要介绍微生物修复富营养化水体的原理、影响因素以及常用技术。第7章底栖动物构建,主要介绍底栖动物的常见种类、构建方法以及研究展

望等。

本书是编者多年从事水体生态修复相关研究工作的总结，这些工作得到了国家基础研究发展规划项目（2002CB412300）和国家重大水利专项（2012ZX07201002）的资助。同时衷心地感谢中国环境科学研究院的侯文华研究员、北京科技大学的汪群慧教授在编者多年研究工作上给予的无私帮助。

由于编者水平有限，并且时间仓促，不妥和疏漏之处在所难免，恳请专家读者批评指正！

编 者

2015 年 4 月

目 录

1 绪论	1
1.1 水体污染的主要来源	1
1.1.1 工业废水的排放	1
1.1.2 生活污水的排放	2
1.1.3 农业污水的排放	3
1.2 水体污染的主要类型	3
1.2.1 有机污染物	3
1.2.2 重金属污染	4
1.2.3 酸、碱污染	4
1.2.4 植物营养物污染	4
1.3 水体富营养化的危害及状况	5
1.4 水体富营养化的氮、磷来源	6
1.5 水体富营养化的治理方法	8
1.5.1 控制外源性氮、磷输入	8
1.5.2 减少内源性氮、磷富集	8
1.6 生态修复技术治理水体富营养化	9
1.6.1 生态修复技术的原则	9
1.6.2 几种常见的生态修复技术	11
1.7 北方气候特点及水体修复存在的问题	14
参考文献	15
2 生态护坡建设	17
2.1 传统护坡与生态护坡	17
2.1.1 传统护坡的类型	18
2.1.2 生态护坡的类型	18
2.1.3 传统护坡和生态护坡的联系和区别	21
2.2 河岸带生态系统的恢复与重建	21
2.2.1 植被护坡的生态功能	21
2.2.2 河岸带生态系统退化的原因	23
2.2.3 植物对退化河岸带的修复	24
2.2.4 植被对河岸带污染土壤的修复原理	25
2.3 植被护坡的机理及其景观效应	27
2.3.1 植物根系的加筋理论	27
2.3.2 植物根系固土的锚固理论	27
2.3.3 护坡植物的水文效应	28

2.4 护坡植物的选择和筛选方法	28
2.4.1 护坡植物的选择	28
2.4.2 富集植物	30
2.4.3 富集植物的筛选	31
2.5 生态护坡的植物群落	32
2.5.1 护坡生物的多样性	32
2.5.2 植物群落的选择	32
2.5.3 护坡植物的组合搭配	33
2.5.4 北方干涸河流生态治理	35
2.6 植物-微生物联合修复技术	36
2.6.1 植物与根际微生物的关系	37
2.6.2 根际微生物的多样性	37
2.6.3 植物与微生物的相互作用	37
参考文献	37
3 北方常见的水体修复植物	40
3.1 水生植物净水特点及机理	41
3.1.1 植物吸收作用	42
3.1.2 微生物降解作用	42
3.1.3 吸附、过滤、沉淀作用	43
3.1.4 抑藻作用	43
3.1.5 对生态系统的作用	43
3.2 水生植物净水研究进展	43
3.3 北方常见的富营养化水体修复植物	45
3.3.1 挺水植物	45
3.3.2 浮叶植物	52
3.3.3 漂浮植物	54
3.3.4 沉水植物	55
3.4 水生植物修复水体原则	58
参考文献	59
4 代表植物适应修复条件的实验研究	62
4.1 浮萍适合修复水体的磷浓度范围	63
4.1.1 水体中磷浓度对浮萍宏观生长的影响	63
4.1.2 水体中磷浓度对浮萍保护酶活性的影响	64
4.1.3 水体中磷浓度对浮萍叶绿体色素和可溶性蛋白含量的影响	67
4.1.4 水体中磷浓度对浮萍细胞超微结构的影响	68
4.2 氨氮浓度对利用浮萍修复的影响	70
4.2.1 水体中氨氮浓度对浮萍宏观生长的影响	70
4.2.2 水体中氨氮浓度对浮萍保护酶活性的影响	71
4.2.3 水体中氨氮浓度对浮萍叶绿体色素和可溶性蛋白含量的影响	74

4.2.4 水体中氨氮浓度对浮萍细胞超微结构的影响	75
4.3 浮萍适合修复的 pH 条件	76
4.3.1 pH 对浮萍宏观生长的影响	76
4.3.2 pH 对浮萍保护酶活性的影响	77
4.3.3 pH 对浮萍叶绿体色素和可溶性蛋白含量的影响	80
4.3.4 pH 对浮萍细胞超微结构的影响	81
4.4 温度对利用浮萍修复的影响	82
4.4.1 温度对浮萍宏观生长的影响	82
4.4.2 温度对浮萍保护酶活性的影响	83
4.4.3 温度对浮萍叶绿体色素和可溶性蛋白含量的影响	85
4.4.4 温度对浮萍细胞超微结构的影响	86
4.5 重金属对浮萍修复影响的探讨	86
4.5.1 三种重金属对青萍保护酶活性的影响	87
4.5.2 三种重金属对青萍蛋白和叶绿体色素含量的影响	88
参考文献	90
5 人工湿地与浮床技术	92
5.1 建立人工湿地系统	92
5.1.1 人工湿地及其类型	92
5.1.2 人工湿地中的生物及作用	93
5.1.3 人工湿地中的基质	94
5.1.4 人工湿地中存在的问题及成功案例	95
5.1.5 人工湿地的设计原则	96
5.1.6 北方气候人工湿地植物越冬通常的处理方法	97
5.1.7 原有天然湿地的生态恢复	98
5.2 建立人工浮床技术	100
5.2.1 人工浮床的类型	100
5.2.2 人工浮床的修复机制	101
5.2.3 北方人工浮床常用的修复植物	102
5.2.4 人工浮床研究及应用的成功案例	102
5.2.5 人工浮床技术存在的问题及在北方应用的限制	103
参考文献	104
6 微生物修复水体富营养化技术	107
6.1 微生物修复的概念和研究进展	107
6.1.1 微生物修复的概念	107
6.1.2 国内外研究进展	107
6.2 微生物修复水体富营养化的原理和过程	108
6.2.1 水体微生物修复过程	108
6.2.2 微生物修复剂脱氮机理	108
6.2.3 微生物修复剂脱磷机理	108

6.3	水体富营养化早期传统理化修复方法	109
6.3.1	稀释和冲刷	109
6.3.2	底部引流	110
6.3.3	人工造流	110
6.3.4	沉积物覆盖	110
6.3.5	沉积物疏浚	111
6.3.6	铝、铁和钙的絮凝方法	111
6.4	微生物修复水体富营养化技术	112
6.4.1	直接投加法	112
6.4.2	吸附投菌法	112
6.4.3	固定化微生物	113
6.4.4	根系附着法	113
6.4.5	固定化菌藻技术	113
6.5	微生物修复水体富营养化的影响因素	114
6.5.1	修复地点的温度	114
6.5.2	河流的 pH	115
6.5.3	河流中的优势植物	115
6.5.4	河流中的氮磷比值	116
6.5.5	选择土著微生物进行修复	116
6.6	菌种的培养、富集和强化	117
6.6.1	主要 EM 微生物介绍	117
6.6.2	EM 菌群的作用机理	120
6.6.3	常见 EM 菌的筛选和富集	121
6.7	微生物强化技术	122
6.7.1	细胞强化技术	122
6.7.2	基因强化技术	123
6.8	修复效果检测方法	124
6.8.1	评价指标的选取	124
6.8.2	各指标的检测方法	124
6.9	微生物修复技术应用原则	124
6.9.1	不同水体的修复原则	124
6.9.2	微生物筛选的原则	125
6.9.3	投放修复剂的注意事项	126
	参考文献	126
7	底栖动物构建	129
7.1	底栖动物	129
7.1.1	底栖动物的定义及生态学作用	129
7.1.2	底栖动物的生活习性	130
7.1.3	底栖动物的简单分类	131

7.2 常见指示生物与水质生物评价关系	132
7.3 大型底栖动物在水生态系统健康评价中的应用	133
7.3.1 河流水生态系统健康评价指标体系	134
7.3.2 水环境质量评价中常用底栖动物指数	134
7.4 环境因子对底栖动物群落的影响	135
7.4.1 物理因子	135
7.4.2 化学因子	138
7.4.3 生物因子	140
7.4.4 人为干扰	141
7.5 利用底栖动物进行水体富营养化生物修复	141
7.5.1 放养滤食性底栖动物	142
7.5.2 滤食性底栖动物-菌藻组合	142
7.5.3 滤食性底栖动物与化学物质综合治理	143
7.5.4 放养软体动物	143
7.6 北方河流底栖动物的采样和鉴定方法	144
7.6.1 采样方法	144
7.6.2 采样点的选择	145
7.6.3 样品的采集、处理与保存	145
7.6.4 鉴定方法及定性定量	146
7.7 底栖动物修复污染水体研究的展望	147
参考文献	147

1 绪论

水是生命的摇篮，任何生命活动都离不开水的参与。在人类发展的历史上，我们的祖先一直傍水而居，水不但孕育了生命，而且直接关系到人类的生存和发展。

地球的表面约有 70% 以上为水所覆盖，其余占地球面积 30% 的大陆上仍然有水的存在。地球的表面虽然大部分都覆盖着水，但是可以直接被人类利用的水却是很少的。地球上的水有 97% 是盐水，只有 3% 为淡水。这 3% 的淡水大部分是冰川和地下水，最适合于人类利用的水仅是湖泊和河流中的水，这部分水只占地球淡水资源的 0.26% (Matsui 等, 1995)。人口的剧增，使人类对水的需求不断增加。即使维持在健康的生态条件下，世界上许多地区仍然存在着严重的缺水问题。而且随着工农业的飞速发展，世界上的大多数湖泊和河流以及城市内的小型景观水体由于水体污染而无法被人类直接利用，更加加剧了水资源的危机。

我们通常说的水体不仅包括水，还包括水中溶解物质、悬浮物、底泥、水生生物等。水与水体是两个紧密联系又有区别的概念。从水体概念去研究水环境污染，才能得出全面、准确的认识。水体污染是指人类活动排放的污染物进入水体，其数量超过了水体的自净能力，使水和水体底质的理化性质和水环境中的生物特性、组成等发生了改变，从而影响水在生产、生活活动中的使用价值，乃至危害人体健康或者破坏生态环境的现象。也有少数的水体污染物来自于自然因素。

1.1 水体污染的主要来源

水体污染的主要来源比较复杂，造成污染的原因也是多方面的。水体污染物的来源主要有以下几个方面。

1.1.1 工业废水的排放

随着经济的快速发展，迅速发展的工业产生了大量的工业废水。这些工业废水包括冷却水、洗涤废水、水力选矿废水、除渣废水以及生产过程中的浸出液等。不同的生产企业，不同的生产车间其产生的废水性质上都有很大差异。钢铁厂、焦化厂排出的废水中含有氰化物和苯酚，化肥、农药、化纤和化工厂排出的废水中含有重金属和农药。不经过处理或者处理不达标的工业废水排放到自然水体中，给自然水体造成了严重的污染。近年来我们国家频发工业废水污染自然水体的事件，给社会生产以及人民的生活造成了重大的影响。2005 年 11 月，中国石油吉林石化公司双苯厂苯胺装置发生爆炸，导致苯、硝基苯和苯胺等有机物流入松花江，造成松花江流域的严重污染；2006 年 1 月，由于水利施工不当导致湖南株洲冶炼厂含镉废水排入湘江，湘江株洲霞

湾港至长沙江段出现不同程度的镉超标，湘潭、长沙两市水厂取水水源受到不同程度污染；2013年4月，昆明东川三家矿业企业私设暗管，将含有有毒物质的尾矿水、尾矿砂等直排小江，严重污染了水体及流域土壤，小江河水变白并流入下游的金沙江，造成进一步污染；2014年9月，腾格里工业园区化工企业将未经处理的污水排入沙漠，严重破坏了沙漠生态环境。要解决工业废水的排放问题除了制定排放指标之外，还要加强立法和监督，对造成严重后果的单位和个人依法惩治。

1.1.2 生活污水的排放

生活污水是指人们日常生活中的洗涤废水和粪尿污水等，该类废水中含有大量的有机物以及微生物和寄生虫卵等。生活污水中含有大量有机物，如纤维素、淀粉、糖类和脂肪蛋白质等；也常含有病原菌、病毒和寄生虫卵；无机盐类的氯化物、硫酸盐、磷酸盐、碳酸氢盐和钠、钾、钙、镁等。其特点是含氮、含硫和含磷高，在厌氧细菌作用下，易产生恶臭物质。生活污水中也包含了大量的无机物。生活污水中的磷酸盐类等无机物排放到自然水体也是造成水体富营养化的主要原因之一。合成洗涤剂的磷含量限制标准应尽早出台，否则生活污水的大量磷酸盐排放到水体会造成水体富营养化日益加剧。生活污水中病原微生物污染，主要来自城市生活污水、医院污水、垃圾及地面径流等方面。这些污水中病原微生物数量大、分布广、存活时间较长、繁殖速度快、易产生抗性，并且很难消灭。传统的二级生化污水处理及加氯消毒后，某些病原微生物、病毒仍能大量存活。此类污染物实际上通过多种途径进入人体，并在体内生存，引起人体疾病。需氧有机物污染的共同特点是有机物直接进入水体后，通过微生物的生物化学作用而分解为简单的无机物质、二氧化碳和水，在分解过程中需要消耗水中的溶解氧，在缺氧条件下污染物就发生腐败分解、恶化水质，常称这些有机物为需氧有机物。水体中需氧有机物越多，耗氧也越多，水质也越差，说明水体污染越严重。富营养化污染是一种氮、磷等植物营养物质含量过多所引起的水质污染现象。水生生态系统的富营养化能通过两种途径发生：一种是通过植物的无机营养物质的量的增加；另一种是通过有机物的增加。恶臭也是生活污水污染的一个常见特点，恶臭的危害表现为：妨碍正常呼吸功能，使消化功能减退、精神烦躁不安、工作效率降低、判断力、记忆力降低。长期在恶臭环境中工作和生活会造成嗅觉障碍，损伤中枢神经、大脑皮层的兴奋和调节功能。某些水产品染上了恶臭无法食用、出售。恶臭水体不能游泳、养鱼、饮用，从而破坏了水的用途和价值，还能产生硫化氢、甲醛等毒性物质造成危害。生活污水中的酸、碱污染使水体 pH 发生变化，破坏其缓冲作用，消灭或抑制微生物的生长，妨碍水体自净，还可腐蚀桥梁、船舶、鱼具。酸与碱往往同时进入同一水体，中和之后可生成某些盐类，从 pH 角度看，酸、碱污染可因中和作用而自净，但所产生的各种盐类，又成了水体的新污染物。因为无机盐的增加能提高水的渗透压，对淡水生物、植物生长有不良影响。在盐碱化地区，地面水、地下水中的盐碱将进一步危害土壤质量。高硬水，尤其是永久硬度高硬水的危害表现为多方面：难喝，可引起消化道功能紊乱、腹泻、孕畜流产，对人们日用不便，耗能多，影响水壶、锅炉寿命，使锅炉用水结垢，易造成爆炸。高硬水需进行软化、纯化处理，酸、碱、盐流失到环境中又会造成地下水硬度升高，形成恶性循环。生活污水中特殊的有毒有害

物质也会引起水体有毒物质污染,是水污染中特别重要的一大类,种类繁多,但共同的特点是对生物有机体的毒性危害。

大气污染物和建筑物、地面、废渣以及垃圾等形成的地表径流也是生活污水的组成部分。这些污染物随地表径流流入水体中,造成水生生物可降解的有机物含量增加,从而导致水体缺氧,对水生生物的生存和水体的景观极为不利。生活污水的大量排放是引起水体污染的一项非常重要的原因,该类污水造成的水体污染越来越受到人们的重视。

1.1.3 农业污水的排放

农业污水是指农牧业生产排出的污水和降水或是灌溉水流过农田或经农田渗漏排出的水。农业的化肥农药的大规模使用,使本来影响非常小的农业生产活动变成了水体污染的主要来源。氮、磷、钾肥引起的水体富营养化,高残留,难降解的农药引起的水体污染,造成了农业污水污染全球水质的惊人现象。20 世纪 DDT、六六六等有机氯农药的大量使用,导致了目前该类农药的污染遍及全球,包括人类活动甚少的南极。随着人类的认识加深,难降解、高残留的农药已经被禁止使用,但是农业污水导致的面源污染仍然不容忽视。

农业污水主要包括农田径流、饲养场废水和农副产品加工污水几个方面。

农田径流指雨水或灌溉水流过农田表面后排出的水流,是农业污水的主要来源。农田径流中主要含有氮、磷、农药等污染物。一般情况下农田径流中农药的含量不高,流失量约为施药量的 5% 左右。如施药后短期内出现大雨或暴雨,第一次径流中农药含量较高。水溶性强的农药主要在径流的水相部分,吸附能力强的农药(如 2,4-D、三嗪等)可吸附在土壤颗粒上,随径流中的土壤颗粒悬浮在水中。

饲养场污水指牲畜、家禽的粪尿污水,是农业污水的第二个主要来源。饲养场污水可作为厩肥,但是工业发达的国家往往弃置不用,造成环境污染问题。饲养场污水作为厩肥使用,大都采用面施的方法,如果厩肥中大量的可溶性碳、氮、磷化合物还未与土壤充分发生作用前就出现径流,也会造成比化肥更严重的污染。目前,对于厩肥还没有完善的检测方法确定其营养元素的释放速度,以推算合理的用量和时间。因而,这类径流污染是难以避免的。饲养场牲畜粪尿的排泄量大,用未充分消毒灭菌的粪尿水浇灌菜地和农田,会造成土壤污染。而且,粪尿被雨水流冲到河溪塘沟,会造成饮用水源污染。在饲养场临近河岸和冬季土地冻结的情况下,这种污水对周围水生、陆生生态系统的影响更大。

农产品加工污水指水果、肉类、谷物和乳制品的加工,以及棉花基本染色、造纸、木材加工等工业排出的污水,是农业污水的第三个主要来源。这部分污水当中也含有大量有机物和一些有毒有害物质,给水体造成很多的污染。

1.2 水体污染的主要类型

1.2.1 有机污染物

水体中的有机污染物包括需氧污染物和一般污染物。其中水体含有的碳氢化合物、

脂肪、蛋白质和糖类等有机物在微生物的作用下，可以分解成二氧化碳和水等简单的无机物，在分解的过程中消耗大量的溶解氧。水体中的亚硫酸盐、硫化物、亚铁盐和氨类等还原性无机物，在发生氧化的过程中也消耗水体中的溶解氧，这类物质统称为需氧污染物。需氧污染物的存在使水体中的溶解氧下降，影响水生动物和水生植物的正常生活，使水质恶化。除了需氧有机污染物外，水体中的有机污染物还包括一般的有机污染物，石油、酚类等都是这类有机污染物。石油进入水体后，除了一部分挥发外，在水面上形成油膜，由于风浪的作用，又可以生成乳化油。油可以粘住鱼卵和鱼，降低孵化率并造成鱼畸形和死亡。酚类物质虽然可以被微生物分解，但一般的情况下分解缓慢，这类物质是一类致癌、致畸物质，会对水生生物的生存和发展有很大的影响。

1.2.2 重金属污染

重金属很多都具有显著的生物毒性，特别是汞、镉、铅等。这类物质在水体中不能被微生物降解，在水体中发生各种形态的相互转化和分散以及富集到生物体中。有些重金属比如汞，在微生物的作用下可以转变成甲基汞，从而使其生物毒性加强。一些重金属可以在动物体的肝脏和肾脏等器官内积累，造成机体组织损伤。汞、镉、铅、锌等亲硫重金属元素可以与人体某些组织的一些酶的巯基（—SH）有特别大的亲和力，能抑制酶的活性从而影响机体的正常生理功能。水体中的重金属，即使浓度小，也可在藻类和底泥中积累，被鱼和贝类体表吸附，产生食物链浓缩，从而造成公害。水体中金属元素有利或有害不仅取决于金属元素的种类、理化性质，而且还取决于金属元素的浓度及存在的价态和形态，即使有益的金属元素浓度超过某一数值也会有剧烈的毒性，使动植物中毒，甚至死亡。

1.2.3 酸、碱污染

水体酸污染主要来自工厂用酸洗涤产生的废水、矿坑废水、黏胶纤维、硫酸厂、酸法造纸厂等污水的污染。酸雨也是某些地区水体酸污染而造成水体酸化的主要原因。水体中的碱污染主要来源于造纸、炼油以及化纤等工业废水。水体受到酸碱污染会造成水生生态系统结构和功能的改变，使很多水生生物不能在原本生活的水体中生活，同时造成船舶以及水上建筑物的腐蚀。环境 pH 改变还可增加某些毒物的毒性。在酸性条件下，氰化物、硫化物毒性加大；在碱性条件下，氨的毒性增加。酸性物质主要由工业生产直接排放或间接形成。水体酸碱污染还会加大水体的硬度，加大工业用水的处理费用。

1.2.4 植物营养物污染

植物营养物的污染主要指氮、磷化合物的污染。这类污染除了来源于工业点源污染外，很大一部分还来源于农业和生活产生的面源污染。营养性污染物是指可引起水体富营养化的物质，主要是指氮、磷等元素，其他还有钾、硫等。此外，可生化降解的有机物、维生素类物质、热污染等也能触发或促进富营养化过程。从农作物生长的角度看，植物营养物是宝贵的物质，但过多的营养物质进入天然水体，将使水质恶化，