



高等教育“十一五”规划教材  
高职高专环保类专业教材系列

# 污水处理厂的运行与管理

王惠丰 王怀宇 主 编



 科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

高等教育“十一五”规划教材

高职高专环保类专业教材系列

# 污水处理厂的运行与管理

王惠丰 王怀宇 主 编

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书系统介绍了污水处理厂的运行管理,主要分为三个方面:基础知识,包括污水来源、排放标准、污水处理厂运行管理概述等;常规运行管理,包括常规运行管理概述、预处理工段运行管理、电气自控及化验的运行管理、污泥处理与处置工段运行管理、二级生物处理工段运行管理等;优化运行管理,包括污水脱氮除磷及深度处理工艺的运行管理,污水处理厂常见系统问题的诊断、处理及预防,污水处理厂运行成本控制,污水处理厂运行管理的系统优化等。

本书可作为高职高专院校环保类及相关专业的教材,也可作为相关企业事业单位的培训资料和参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

污水处理厂的运行与管理/王惠丰,王怀宇主编. —北京:科学出版社, 2010

(高等教育“十一五”规划教材·高职高专环保类专业教材系列)

ISBN 978-7-03-027796-1

I. 污… II. ①王…②王… III. ①污水处理厂-运行-高等学校:技术学校-教材②污水处理厂-管理-高等学校:技术学校-教材 IV. ①X505

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 099875 号

责任编辑:张 斌/责任校对:柏连海

责任印制:吕春珉/封面设计:东方人华平面设计部

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

德海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2010年7月第一版 开本:787×1092 1/16

2010年7月第一次印刷 印张:14 1/4

印数:1—3000 字数:338 000

定价:23.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135235 (VZ04)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

## 序

环境保护是我国的一项基本国策，而环境保护教育又是环保工作的重要基础。因此必须加强环境学科相关知识在实践中的应用，提高我国环保类专业学生的环境科研、监管能力，注重学生实践操作能力的培养，努力提高环保专业课程体系的整体性、系统性、实用性。

环境管理作为人类自身行为管理的一种活动，是在 20 世纪 60 年代末开始随着全球环境问题的日益严重而逐步形成、发展的，它揭示了人类社会活动与人类生存环境的对立统一关系。在人类社会，环境—社会—经济组成了一个复杂的系统，作为这个系统核心的人类为了生存发展，需要不断地开发利用各种自然资源和环境资源，而无序无节制的开发利用，导致地球资源急剧消耗，环境失调，从而影响人类的生存和发展。为遏制这种趋势及其蔓延，人类开始研究并采取措施推动资源的合理开发利用，推进环境保护及其自我修复能力的提高，努力实现人类的可持续发展。环境—社会—经济系统能否实现良性循环，关键在于人类约束以及影响这一系统的方法和手段是否有效，这种方法和手段就是环境管理。

环境管理随着人类环保实践活动的推进而不断演变。相当长的时期内，人们直接感受到的环境问题主要是局部地区的环境污染。人类沿袭工业文明的思维定式，把环境问题作为一个单纯的技术问题，其环境管理实质上只是污染治理，主要的管理原则是“污染者治理”和末端治理模式。随着末端治理走到环境污染治理的尽头，加之生态破坏、资源枯竭其他环境问题的进一步凸现，人们开始从经济学的角度去探寻环境问题的根源与对策，通过“环境经济一体化”使“环境成本内部化”，将环境管理原则变为“污染者负担，利用者补偿”，从而推进了源头削减、预防为主和全过程控制的管理模式的形成。人们在科学发展、保护环境的长期追求与探索中，逐步认识到环境问题是人类社会在传统自然观和发展观支配下导致的必然结果，其管理和技术手段都是“治标不治本”的，只有在改变传统的发展观基础上产生的财富观、消费观、价值观和道德观，才能从根本上解决环境问题。因而环境管理不是单纯的技术问题，也不是单纯的经济问题和社会问题，而是人与自然和谐、经济发展与环境保护相协调的全方位综合管理。

加强课题研究，通过课程设计和构建，着力解决高等职业教育环保类专

业人才培养和社会需求，以就业为导向，坚持改革创新，努力提高学生的职业能力，使学生将课堂与工作现场直接对接，进一步理解目前的学习如何为将来的职业服务，从而提高学生学习的积极性、针对性，提高教学质量，这是我国环保职业教育必须坚持的方向。

非常高兴的是，2009年4月，由长沙环境保护职业技术学院牵头，集合全国与环境保护相关的本科及职业院校、企业、科研机构等近百家单位共同组建的环境保护职业教育集团正式成立，这是我国目前环保职教领域阵容最大的产学研联合体。该集团的成立，在打造环保职业教育品牌和提升环保职业教育综合实力上，将产生深远影响。

本套教材的作者都是长期从事环保高职教育的一线教师，具有丰富的教学经验，在相关领域又有比较丰富的环保实践经验，在承担相关环保科研与技术服务中，将潜心研究的科研成果与最新技术、方法、政策、标准等体现于职业教育的教材之中，使本套教材具有鲜明的职业性、实践性，对环保职业教育具有较好的指导与示范作用。

衷心希望这套教材的出版发行，能为我国环保教育事业的发展发挥积极的推动作用。

祝光耀

2010年3月10日

---

祝光耀：中国环境与发展国际合作委员会秘书长，原国家环保总局副局长。

## 前 言

随着我国水环境的不断恶化，国家加大了对环境污染治理的力度。各种废水处理工程的不断建成和投运，新设备和新技术在污水处理厂的广泛应用，使掌握水处理工艺和相关知识的工程技术人员十分紧缺。更需要污水处理人员具备和掌握学习新知识的技能。为了更好地发挥污水处理设施的作用，强化管理、提高技术与管理水平是关键，通过学习培训以提高污水处理厂操作工和技术人员的专业素质是十分重要的。

目前开设环保类专业的高等职业院校都在根据社会的需要不断探索适合社会急需的环保人才，相继把《污水处理厂的运行管理》从《水污染控制工程》课程中分离出来，加大了对运行管理人才的培养。

本书作为高等教育（高职高专环保类）“十一五”规划教材，是国家社会科学基金“十一五”规划（教育科学）一般课题“以就业为导向的职业教育教学理论与实践研究”（批准号：BJA060049）的子课题“以就业为导向的高等职业教育环保类专业教学整体解决方案研究”（编号 BJA060049-ZKT028）的研究成果之一。本书主要包括三方面内容：第一基础知识篇——污水处理工艺与污水处理厂运行管理；第二常规运行的技术与安全管理篇——污水处理厂运行、维护及安全技术；第三篇系统优化管理篇——污水处理厂运行管理系统优化。本书为开设环保类专业的高等职业院校提供适应《污水处理厂运行管理》课程的教材；同时也为污水处理厂人员的培训提供培训资料。本教材编写规范，具有适时的先进性和较好的教学适用型和实用性，同时辅以课前思考题和复习题，以提高学生自学的能力。

本书共分十一章，编写分工如下：王怀宇（邢台职业技术学院）编写第一章、第八章，王惠丰（沈阳工业大学）编写第十章、第十一章，王新（沈阳工业大学）编写第九章，李宏罡（黑龙江生物科技职业学院）编写第二章、第三章，朱海波（杨凌职业技术学院）编写第五章、第六章，陈纳（河南工程学院）编写第四章、第七章。王怀宇负责全书的统稿工作。

由于作者的水平所限，书中难免存在错误和不妥之处，欢迎读者批评指正。

# 目 录

## 序 前言

### 第一篇 污水处理厂运行管理基础知识篇

<b>第一章 绪论</b> .....	1
第一节 污水来源与水质 .....	1
第二节 排水系统的体制与组成 .....	8
第三节 污水出路与排放标准 .....	13
小结 .....	20
复习题 .....	20
<b>第二章 污水处理厂运行管理概述</b> .....	22
第一节 污水处理厂的管理体制及组织管理制度 .....	22
第二节 污水处理厂运行管理的基本任务 .....	32
第三节 污水处理厂运行管理的监督与控制 .....	39
小结 .....	43
复习题 .....	43

### 第二篇 污水处理厂常规运行管理篇

<b>第三章 常规运行管理概述</b> .....	45
第一节 污水处理厂日常运行管理的基本内容 .....	45
第二节 污水处理厂日常运行管理的技术指标体系 .....	52
小结 .....	57
复习题 .....	58
<b>第四章 预处理工段运行管理</b> .....	59
第一节 格栅间 .....	59
第二节 进水泵站 .....	64
第三节 沉砂池 .....	70
第四节 初沉池 .....	74
小结 .....	83
复习题 .....	84
<b>第五章 二级生化处理工段运行管理</b> .....	85
第一节 曝气池 .....	85
第二节 风机房 .....	89

第三节	二沉池 .....	92
第四节	污泥回流泵房 .....	95
第五节	加氯间 .....	97
小结	.....	102
复习题	.....	102
<b>第六章</b>	<b>污泥处理与处置工段运行管理 .....</b>	<b>104</b>
第一节	污泥浓缩池 .....	104
第二节	污泥厌氧消化池 .....	106
第三节	污泥脱水机房 .....	109
第四节	锅炉及沼气 .....	111
小结	.....	115
复习题	.....	115
<b>第七章</b>	<b>电气、自控及化验的运行管理 .....</b>	<b>117</b>
第一节	监控仪表 .....	117
第二节	电气与供电 .....	130
第三节	化验室 .....	138
小结	.....	150
复习题	.....	151

### 第三篇 污水处理厂优化运行管理篇

<b>第八章</b>	<b>污水脱氮除磷及深度处理工艺的运行管理 .....</b>	<b>152</b>
第一节	生物脱氮除磷工艺的运行管理 .....	153
第二节	污水深度处理常见工艺技术 .....	157
小结	.....	161
复习题	.....	162
<b>第九章</b>	<b>污水处理厂常见系统问题的诊断、处理及预防 .....</b>	<b>163</b>
第一节	污水处理厂常见系统问题及控制措施 .....	163
第二节	污水处理厂故障分析与诊断 .....	172
第三节	某小型生活污水处理厂常见问题实例分析 .....	176
第四节	我国城市污水处理厂现状、存在问题及对策研究 .....	179
小结	.....	182
复习题	.....	183
<b>第十章</b>	<b>污水处理厂运行成本控制 .....</b>	<b>184</b>
第一节	污水处理成本概述 .....	184
第二节	污水处理厂运行成本核算 .....	186
第三节	污水处理厂运行成本管理 .....	189
第四节	污水处理厂运行成本的日常管理工作 .....	192
小结	.....	195



复习题 .....	195
<b>第十一章 污水处理厂运行管理的系统优化</b> .....	<b>197</b>
第一节 污水处理厂运行管理系统优化概述 .....	197
第二节 污水处理厂运行管理系统优化基本原理 .....	200
第三节 污水处理厂运行管理系统优化方法 .....	207
小结 .....	213
复习题 .....	213
<b>主要参考文献</b> .....	<b>215</b>

# 第一篇 污水处理厂运行管理基础知识篇

## 第一章 绪 论

### 【学习目标】

- (1) 了解污水来源、污水中的主要污染物及其危害特征。
- (2) 熟悉排水系统体制和排水系统的基本组成。
- (3) 熟悉相关标准,如环境保护立法、水污染防治立法、污水排放标准和其他水环境标准等内容。
- (4) 掌握减少污水的办法。

### 【必备知识】

- (1) 污水的主要来源。
- (2) 排水系统的分类。

### 【选修知识】

环境保护立法、水污染防治立法、污水排放标准和其他水环境标准等相关标准。

### 【课前思考题】

- (1) 污水处理厂污水的来源及其主要特征?
- (2) 我国的排水体制是怎样构成的?
- (3) 减少污水排放的措施有哪些?各有何优缺点?

## 第一节 污水来源与水质

### 一、污水来源

#### (一) 污水定义与分类

污水是指受一定污染的来自生活和生产的排出水。污水的来源和分类:

##### 1. 生活污水

生活污水是人类在日常生活中使用过的,并被生活废料所污染的水。其水质、水量随季节而变化,一般夏季用水相对较多,浓度低;冬季相应量少,浓度高。生活污水一般不含有毒物质,但是它有适合微生物繁殖的条件,含有大量的病原体,从卫生角度来

看有一定的危害性。生活污水中有机污染物约占 60%，如蛋白质、脂肪和糖类等；无机污染物约占 40%，如泥沙和杂物等。此外还含有洗涤剂以及病原微生物和寄生虫卵等。

### 2. 工业废水

工业废水是在工矿生产活动中产生的废水。工业废水可分为生产污水与生产废水。生产污水是指在生产过程中形成、并被生产原料、半成品或成品等原料所污染，也包括热污染（指生产过程中产生的、水温超过 60℃ 的水）；生产废水是指在生产过程中形成，但未直接参与生产工艺、未被生产原料、半成品或成品等原料所污染或只是温度少有上升的水。生产污水需要进行净化处理；生产废水不需要净化处理或仅需做简单的处理，如冷却处理。生活污水与生产污水的混合污水称为城市污水。城市污染源是因城市人口集中，城市生活污水、垃圾和废气引起水体污染造成的。城市污染源对水体的污染主要是生活污水，它是人们日常生活中产生的各种污水的混合液，其中包括厨房、洗涤房、浴室和厕所排出的污水。本书主要介绍城市污水及城市污水处理厂的运行与管理。

### 3. 初期降水

被污染的降水主要是指初期雨（雪）水，由于初期雨（雪）水冲刷了地表的各种污染物，污染程度很高，故宜作净化处理。对于分别敷设污水管道和雨水管道的城市，降雨径流汇入雨水管道而得不到处理；对于采用雨污合流排水管道的城市，虽然可以使一部分初雨径流与城市污水一同加以处理，但雨量较大时由于超过截流干管的输送能力或污水处理厂的处理能力，大量的雨污混合水出现溢流，造成了对水体更严重的污染。

## （二）水体受污染的原因

人类生产活动造成的水体污染中，工业引起的水体污染最严重，如工业废水含污染物多，成分复杂，不仅在水中不易净化，而且处理起来也比较困难。

工业废水是工业污染引起水体污染的最重要的原因。它占工业排出污染物的大部分。工业废水所含的污染物因工厂种类不同而千差万别，即使是同类工厂，生产过程不同，其所含污染物的质和量也不一样。工业除了排出的废水直接注入水体引起污染外，固体废物和废气也会污染水体。

农业污染首先是由于耕作或开荒使土地表面疏松，在土壤和地形还未稳定时降雨，大量泥沙流入水中，增加水中的悬浮物。

还有一个重要原因是近年来农药、化肥的使用量日益增多，而使用的农药和化肥只有少量附着或被吸收，其余绝大部分残留在土壤和漂浮在大气中，通过降雨，经过地表径流的冲刷进入地表水和渗入地表水形成污染。

## 二、污水处理后排放与利用

污水经净化处理后，出路有三种：排放水体，作为水体的补给水；灌溉田地；回用。

(1) 排放水体是城市污水最常采用的出路。排放水体的城市污水应达到国家或地方相关的排放标准, 否则可能使水体遭受污染。

(2) 灌溉田地可使污水得到充分利用, 但必须符合灌溉的有关规定, 使土壤与农作物免遭污染。

(3) 污水回用是最合理的出路, 既可以有效地节约和利用有限的淡水资源, 又可以减少污水排放量, 减轻水环境的污染。城市污水经二级处理和深度处理后回用的范围很广, 可以用作电厂的循环冷却水, 也可以回用于生活杂用, 如园林绿化、浇洒道路、冲洗厕所等。

### 三、污水中的主要污染物及其危害特征

污水中的污染物质按物理形态可分为悬浮固体、胶体及溶解性污染物。按化学成分可分为无机污染物和有机污染物两大类。

#### (一) 无机污染物

(1) 无机污染物分为无直接毒害作用的无机污染物和有直接毒害作用的无机污染物两类。

无直接毒害作用的无机污染物可分为三种类型: 一是属于沙粒、矿渣类颗粒状物质; 二是酸、碱无机盐类; 三是氮、磷等营养物。无直接毒害作用的无机污染物并不是绝对无毒害作用的, 当这些污染物达到一定浓度, 也将呈现出毒害作用。

水中酸、碱达到一定浓度会对人、畜、水生生物造成危害, 对管道和污水处理设备有腐蚀作用。氮、磷是导致湖泊、海湾、水库等缓流水体富营养化的主要物质。污水中的氮可分为有机氮和无机氮, 前者是含氮化合物, 如蛋白质、尿素等, 后者有氨氮、硝酸氮等。硝酸盐本身无毒, 但进入人胃中能还原为亚硝酸盐, 再与仲胺作用会形成亚硝胺, 而亚硝胺对人体有害, 是致癌、致变异和致畸胎的“三致”物质。

(2) 有直接毒害作用的无机污染物主要包括非重金属无机有毒物质和重金属离子。非重金属无机有毒物质主要有氰化物和砷化物, 重金属主要有汞 (Hg)、镉 (Cd)、铬 (Cr)、铅 (Pb)、锌 (Zn)、铜 (Cu)、镍 (Ni)、锡 (Sn)、铁 (Fe)、锰 (Mn) 等。氰化物、砷化物、汞 (Hg)、镉 (Cd)、铬 (Cr)、铅 (Pb) 是国际上公认的六大毒性物质。此类物质在污染控制中必须严格限制, 绝对不容许超标排至厂外。

#### (二) 有机污染物

污水中的有机污染物按生物降解的难易程度可分为易于生物降解的有机污染物和难于生物降解的有机污染物。

(1) 易于生物降解的有机污染物多属于碳水化合物、蛋白质、脂肪等自然生成的有机物。这类物质不稳定, 在任何条件下, 它们都要向稳定的无机物质转化。在有氧条件下, 可在好氧微生物作用下进行转化; 在无氧条件下, 则在厌氧微生物作用下进行转化。

(2) 难于生物降解的有机污染物多属于人工合成的有机物质, 如农药 (DDT、六

六六等有机氯农药)、醛、酮、酚、多氯联苯、芳香族氨基化合物、塑料、合成橡胶、人造纤维和染料等。这类物质不易为微生物所分解,都有害于人健康,只是危害程度和作用方式不同。

城市污水中的各种污染物对环境和人类的危害程度和作用方式是不同的,表 1.1 所示为城市污水中的主要污染物及其危害特征。

表 1.1 城市污水中的主要污染物及其危害特性

分类	污染物	主要危害特征												
		浊度	色度	恶臭	传染病	耗氧	富营养化	硬度	毒性	油污染	放射性	酸化	易积累	易富集
致油物	尘、泥、土、砂、灰、渣、屑、漂浮物	⊙	●	●	●	●	●		●	●	●		⊙	
致色物	色素、染料		⊙						●					
致臭物	胺、硫醇、硫化氢、氨			⊙		●	●		●					
病原微生物	病菌、病毒、寄生虫		●		⊙	●	●		●					
需氧有机物	碳水化合物、蛋白质、氨基酸、木质素、脂肪酸	●	⊙	⊙	●	⊙	●	●						
植物营养素	硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐、磷酸盐、有机氮、含磷洗涤剂		●	⊙		●	⊙						⊙	
无机有害物	酸、碱、盐类							⊙					●	
重金属	汞、镉、铬、铅、砷、铜		●						⊙				⊙	⊙
易分解有机毒物	酚、苯、醛、有机磷农药		●			⊙			⊙					
难分解有机毒物	DDT、六六六、狄氏剂、艾氏剂、PCB、多环芳烃、芳香烃					●			⊙				⊙	⊙
硫、氮氧化物	二氧化硫、氮氧化物											⊙		

注: ⊙主要危害; ●一般危害。

#### 四、污水的水质指标

污水的污染指标是用来衡量水在使用过程中被污染的程度,也称污水的水质指标。

##### (一) 生物化学需氧量 (BOD<sub>5</sub>)

生物化学需氧量 (BOD<sub>5</sub>) 是一个反映水中可生物降解的含碳有机物的含量及排到水体后所产生的耗氧影响的指标。它表示在温度为 20℃ 和有氧的条件下,由于好氧微生物分解水中有机物的生物化学氧化过程中消耗的溶解氧量,也就是水中微生物降解有机物稳定化所需要的氧量,单位为 mg/L。BOD<sub>5</sub> 不仅包括水中好氧微生物的增长繁殖或呼吸作用所消耗的氧量,还包括了硫化物、Fe<sup>2+</sup> 等还原性无机物所耗用的氧量,但这一部分的所占比例通常很小。BOD<sub>5</sub> 越高,表示污水中可生物降解的有机物越多。

污水中可降解有机物的转化与温度、时间有关。在 20℃ 的自然条件下,有机物氧化到硝化阶段,即实现全部分解稳定所需时间在 100d 以上,但实际上常用 20℃ 时 20d

的生化需氧量  $BOD_5$ ，近似代表完全生化需氧量。生产应用中仍嫌 20d 的时间太长，一般采用 20℃ 时 5d 的生化需氧量  $BOD_5$  作为衡量污水有机物含量的指标。

## (二) 化学需氧量 (COD)

尽管  $BOD_5$  是城市污水中常用的有机物浓度指标，但是存在分析上的缺陷，5d 的测定时间过长，难以及时指导实践；污水中生物难降解的物质含量高时， $BOD_5$  测定误差较大；工业废水中往往含有抑制微生物生长繁殖的物质，也影响测定结果，因此有必要采用化学需氧量 (COD) 这一指标作为补充或替代。化学需氧量 (COD) 是指在酸性条件下，用强氧化剂重铬酸钾将污水中有机物氧化为  $CO_2$ 、 $H_2O$  所消耗的氧量，用  $COD_{Cr}$  表示，一般写成 COD，单位为 mg/L。重铬酸钾的氧化性极强，水中有机物绝大部分 (约 90%~95%) 被氧化。化学需氧量的优点是能够更精确地表示污水中有机物的含量，并且测定的时间短，不受水质的限制，缺点是不能像 BOD 那样表示出微生物氧化的有机物量。另外还有部分无机物也被氧化，并非全部代表有机物含量。

城市污水的 COD 一般大于  $BOD_5$ ，两者的差值可反映废水中存在难以被微生物降解的有机物。在城市污水处理分析中，常用  $BOD_5/COD$  的比值来分析污水的可生化性。当  $BOD_5/COD > 0.3$  时污水可生化性较好，适宜采用生化处理工艺。

## (三) 悬浮固体 (SS)

悬浮固体是水中未溶解的非胶态的固体物质，在条件适宜时可以沉淀。悬浮固体可分为有机性和无机性两类，反映污水汇入水体后将发生的淤积情况，其含量的单位为 mg/L。因悬浮固体在污水中肉眼可见，能使水浑浊，属于感官性指标。

悬浮固体代表了可以用沉淀、混凝沉淀或过滤等物化方法去除的污染物，也是影响感官性状的水质指标。

## (四) pH

酸度和碱度是污水的重要污染指标，用 pH 来表示，它对保护环境、污水处理及水中构筑物都有影响。一般生活污水呈中性或弱碱性，工业污水多呈强酸或强碱性，城市污水的 pH 呈中性，一般为 6.5~7.5。pH 的微小降低可能是由于城市污水输送管道中的厌氧发酵；雨季时较大的 pH 降低往往是城市酸雨造成的，这种情况在合流制系统尤其突出。pH 的突然大幅度变化，不论是升高还是降低，通常是由于工业废水的大量排入造成的。

## (五) 总氮 (TN)、氨氮 ( $NH_3-N$ )、凯氏氮 (TKN)

### 1. 总氮 (TN)

总氮是水中有机氮、氨氮和总氧化氮 (亚硝酸氮及硝酸氮之和) 的总和。有机污染物分为植物性和动物性两类：植物性有机污染物如果皮、蔬菜叶等，其主要化学成分是碳 (C)，由  $BOD_5$  表征；动物性有机污染物质包括人畜粪便、动物组织碎块等，其化

学成分以氮(N)为主。氮属于植物性营养物质,是导致湖泊、海湾、水库等缓流水体富营养化的主要物质,是废水处理的重要控制指标。

### 2. 氨氮(NH<sub>3</sub>-N)

氨氮是水中以NH<sub>3</sub>和NH<sub>4</sub><sup>+</sup>形式存在的氮,它是有机氮化物氧化分解的第一步产物。氨氮不仅会促使水体中藻类繁殖,而且游离的NH<sub>3</sub>对鱼类有很强的毒性,致死鱼类的浓度在0.2~2.0mg/L之间。氨也是污水中重要的耗氧物质,在硝化细菌的作用下,氨被氧化成NO<sub>2</sub>和NO<sub>3</sub><sup>-</sup>,所消耗的氧量称硝化需氧量。

### 3. 凯氏氮(TKN)

凯氏氮是氨氮和有机氮的总和。测定TKN及NH<sub>3</sub>-N两者之差即为有机氮。

## (六) 总磷(TP)

总磷是污水中各类有机磷和无机磷的总和。与总氮类似,磷也属于植物性营养物质,是导致缓流水体富营养化的主要物质,是一项重要的水质指标。

## (七) 非重金属无机物质有毒化合物和重金属

### 1. 氰化物(CN)

氰化物是剧毒物质,急性中毒时抑制细胞呼吸,造成人体组织严重缺氧,对人的经口致死量为0.05~0.12g。排放含氰废水的工业主要有电镀、焦炉和高炉的煤气洗涤,以及金、银选矿和某些化工企业等,含氰浓度约20~70mg/L之间。氰化物在水中的存在形式有无机氰(如氰氢酸HCN、氰酸盐CN<sup>-</sup>)和有机氰化物(称为腈,如丙烯腈C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>CN)。

我国饮用水标准规定,氰化物含量不得超过0.05mg/L,农业灌溉水质标准规定为不大于0.5mg/L。

### 2. 砷(As)

砷是对人体毒性作用比较严重的有毒物质之一。砷化物在污水中存在形式有无机砷化物(如亚砷酸盐AsO<sub>2</sub><sup>-</sup>,砷酸盐AsO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)和有机砷(如三甲基砷)。三价砷的毒性远高于五价砷,对人体来说,因为亚砷酸盐能够和蛋白质中的硫反应,亚砷酸盐的毒性作用比砷酸盐大60倍,而三甲基砷的毒性比亚砷酸盐更大。

砷也是累积性中毒的毒物,当饮水中砷含量大于0.05mg/L时就会导致累积。近年来发现,砷还是致癌元素(主要是皮肤癌)。工业中排放含砷废水的有化工、有色冶金、炼焦、火电、造纸、皮革等行业,其中冶金、化工行业排放砷量较高。

我国饮用水标准规定,砷含量不应大于0.04mg/L,农田灌溉标准不高于0.05mg/L,渔业用水不超过0.1mg/L。

## (八) 重金属

重金属指原子序数在21~83之间的金属或相对密度大于4的金属,其中汞(Hg)、

镉 (Cd)、铬 (Cr)、铅 (Pb) 毒性最大, 危害也最大。

### 1. 汞 (Hg)

汞是重要的污染物质, 也是对人体毒害作用比较严重的物质。汞是累积性毒物, 无机汞进入人体后随血液分布于全身组织, 在血液中遇氯化钠生成二价汞盐累积在肝、肾和脑中, 当达到一定浓度后毒性发作, 其毒理主要是汞离子与酶蛋白的硫结合, 抑制多种酶的活性, 使细胞的正常代谢发生障碍。

甲基汞是无机汞在厌氧微生物的作用下转化而成的。甲基汞在体内约有 15% 累积在脑内, 侵入中枢神经系统, 破坏神经系统功能。

含汞废水排放量较大的是氯碱工业, 因其在工艺上以金属汞作流动阴电极, 以制成氯气和苛性钠, 有大量的汞残留在废盐水中。聚氯乙烯、乙醛、醋酸乙烯的合成工业均以汞作催化剂, 因此上述工业废水中含有一定数量的汞。此外, 在仪表和电气工业中也常使用金属汞, 因此也排放含汞废水。

我国饮用水标准和农田灌溉水标准都要求汞的含量不得超过 0.001mg/L, 渔业用水要求更为严格, 不得超过 0.0005mg/L。

### 2. 镉 (Cd)

镉也是一种比较普遍的污染物, 是一种典型的累积富集型毒物, 主要累积在肾脏和骨骼中, 引起肾功能失调, 骨质中钙被镉所取代, 使骨骼软化, 造成自然骨折, 疼痛难忍。这种病潜伏期长, 短则 10 年, 长则 30 年, 发病后很难治疗。

每人每日允许摄入的镉量为 0.057~0.071mg。我国饮用水标准规定, 镉的含量不得大于 0.01mg/L, 农业用水与渔业用水标准则规定要小于 0.005mg/L。镉主要来自采矿、冶金、电镀、玻璃、陶瓷、塑料等生产部门排出的废水。

### 3. 铬 (Cr)

铬也是一种较普遍的污染物。铬在水中以六价和三价两种形态存在, 三价铬的毒性低, 作为污染物质所指的是六价铬。人体大量摄入铬能够引起急性中毒, 长期少量摄入也能引起慢性中毒。

六价铬是卫生标准中的重要指标, 饮用水中的浓度不得超过 0.05mg/L, 农业灌溉用水与渔业用水应小于 0.1mg/L。

排放含铬废水的工业企业主要有电镀、制革、铬酸盐生产及铬矿石开采等。电镀车间是产生六价铬的主要来源, 电镀废水中铬的浓度一般在 50~100mg/L。生产铬酸盐的工厂, 其废水中六价铬的含量一般在 100~200mg/L 之间, 皮革鞣制工业排放的废水中六价铬的含量约为 40mg/L。

### 4. 铅 (Pb)

铅对人体也是累积性毒物。据资料报道, 成年人每日摄取铅低于 0.32mg 时, 人体可将其排除而不产生积累作用; 摄取 0.5~0.6mg, 可能有少量的累积, 但尚不至于危及健康; 如每日摄取量超过 1.0mg, 将在体内产生明显的累积作用, 长期摄入会引起慢性中毒。其毒理是铅离子与人体内多种酶络合, 从而扰乱了机体多方面的生理功能, 可危及神经系统、造血系统、循环系统和消化系统。



我国饮用水、渔业用水及农田灌溉水都要求铅的含量小于 0.1mg/L。铅主要含于采矿、冶炼、化学、蓄电池、颜料工业等排放的废水中。

### (九) 微生物指标

污水生物性质的检测指标有大肠菌群数（或称大肠菌群值）、大肠菌群指数、病毒及细菌总数。

#### 1. 大肠菌群数（大肠菌群值）与大肠菌群指数

大肠菌群数（大肠菌群值）是每升水样中所含有的大肠菌群的数目，以个/L计；大肠菌群指数是查出 1 个大肠菌群所需的最少水量，以毫升（mL）计。可见大肠菌群数与大肠菌群指数是互为倒数，即

$$\text{大肠菌群指数} = \frac{1000}{\text{大肠菌群数}} (\text{mL})$$

例如，若大肠菌群数为 500 个/L，则大肠菌群指数为 1000/500 等于 2mL。

大肠菌群数作为污水被粪便污染程度的卫生指标，原因有两个：

(1) 大肠菌与病原菌都存在于人类肠道系统内，它们的生活习性及在外界环境中的存活时间都基本相同。每人每日排泄的粪便中含有大肠菌约  $(1\sim 4)\times 10^{11}$  个，数量大大多于病原菌，但对人体无害。

(2) 由于大肠菌的数量多，且容易培养检验，但病原菌的培养检验十分复杂与困难。故此，常采用大肠菌群数作为卫生指标。水中存在大肠菌，就表明受到粪便的污染，并可能存在病原菌。

#### 2. 病毒

污水中已被检出的病毒有 100 多种。检出大肠菌群，可以表明肠道病原菌的存在，但不能表明是否存在病毒及其他病原菌（如炭疽杆菌），因此还需要检验病毒指标。病毒的检验方法目前主要有数量测定法与蚀斑测定法两种。

#### 3. 细菌总数

细菌总数是大肠菌群数、病原菌、病毒及其他细菌数的总和，以每毫升水样中的细菌菌落总数表示。细菌总数愈多，表示病原菌与病毒存在的可能性愈大。因此用大肠菌群数、病毒及细菌总数等 3 个卫生指标来评价污水受生物污染的严重程度比较全面。

## 第二节 排水系统的体制与组成

### 一、排水系统体制

生活污水、工业废水和城市降水 3 种污水采用一套管渠系统来排除，还是采用两套及两套以上各自独立的管渠系统来排除，不同的排除方式所形成的排水系统，即成为排水体制。

排水体制分为分流制和合流制两种类型，在城市情况比较复杂时，也可以采用两种体制混合的排水系统。