



教育部 高职高专 规划教材

水污染控制技术

第二版

王金梅 薛叙明 主编



化学工业出版社



教育部高职高专规划教材

水污染控制技术

第二版

王金梅 薛叙明 主编



化学工业出版社

北京

本书主要介绍了以下内容：污水的物理处理技术，污水的化学处理技术，污水的物理化学处理技术，污水的好氧生物处理技术，污泥、污水的厌氧生物处理技术，循环冷却水的处理技术，污水处理厂的设计与运行管理。本书对水污染控制技术的基本概念和机理阐述清晰，介绍了污水处理的新工艺、新技术、新材料、新设备，重视工程的实用性和可操作性，旨在培养学生的专业素质和专业综合应用能力。

本书为高职高专环境类专业学生的教材，也可供污水处理厂（站）操作及管理岗位等相关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水污染控制技术/王金梅, 薛叙明主编. —2 版.

北京: 化学工业出版社, 2011. 4

教育部高职高专规划教材

ISBN 978-7-122-10151-8

I. 水… II. ①王…②薛… III. 水污染-污染控制-高等学校: 技术学院-教材 IV. X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 247903 号

责任编辑: 王文峡

文字编辑: 刘莉珺

责任校对: 宋 夏

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 21¼ 字数 536 千字 2011 年 2 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

高职高专环境教材 编审委员会

顾问 刘大银
主任委员 沈永祥
副主任委员 许宁 王文选 王红云
委员 (按姓氏汉语拼音排序)

白京生	陈宏	冯素琴	傅梅绮	付伟
顾玲	郭正	何际泽	何洁	扈畅
胡伟光	蒋辉	金万祥	冷士良	李党生
李东升	李广超	李弘	李洪涛	李旭辉
李耀中	李志富	牟晓红	司颐	宋鸿筠
苏炜	孙乃有	田子贵	王爱民	王春莲
王红云	王金梅	王文选	王小宝	王小平
王英健	魏振枢	吴国旭	徐忠娟	许宁
薛叙明	杨保华	杨永红	杨永杰	尤峥
于淑萍	于宗保	袁秋生	岳钦艳	张柏钦
张洪流	张慧俐	张云新	赵连俊	智恒平
周凤霞	朱惠斌	朱延美	庄伟强	

第二版前言

本书第一版于2004年2月印刷。出版后，在高职高专院校获得较广泛的应用，已实现多次重印。

第一版教材出版至今已6年。6年来，随着国家环境保护政策和环境保护法律法规的加强和完善，保护水资源，防止水污染，污水的处理与利用越来越受到人们的重视。污水处理技术的发展和应用都有新的进展，这些都应该在教材上有所体现；第一版教材中关于污水处理厂的设计程序、污水处理工程的方案比较等部分内容对多数读者是不必要的；关于筛滤和沉淀部分内容重点不够突出；有些内容过于繁复，不够精炼。因此，我们对原教材进行了修改和补充，以克服上述不足。

参加本书编写的有王金梅（编写第1章、第6章），陈宏（编写第2章），薛叙明（编写第3章、第4章），袁秋生（编写第5章），张慧俐（编写第7章、第8章）。全书由王金梅执笔修订。哈尔滨工业大学聂璋义教授担任本书主审。

由于编者水平的限制，本教材还可能存在疏漏，敬请读者批评指正。

编者

2011年1月

第一版前言

为适应环境保护事业的发展和社会对环境专业人才特别是具有从事环境保护工作的综合职业能力，在生产、服务、技术和管理第一线工作的高素质劳动者的需求，许多学校都开设了环境类专业，为了确保教学质量和教学目标的实现，国家教育部组织制定了《高职高专教育专门课程基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》。本教材正是依据《基本要求》和《目标及规格》编写的。编写时对水污染控制技术的基本概念和机理由浅入深，循序渐进，力求阐述清楚，避免过多的理论推导，注意吸收污水处理的新工艺、新技术、新材料和新设备，重视工程的实用性和可操作性，旨在培养学生的专业素质和专业综合能力。

本教材可以作为高等职业技术学院环境专业学生的教材，也可供污水处理厂（站）操作及管理岗位技术人员参考。

参加本书编写的有王金梅（编写第1、第6章），薛叙明（编写第3、第4章），张慧俐（编写第7、第8章），袁秋生（编写第5章），陈宏（编写第2章）。全书由王金梅统稿。哈尔滨建筑工程学院聂璋义教授担任本书主审。

本书在编写过程中得到了河北省科技大学环境工程系杨景亮教授，承德石油高等专科学校化工系孙乃有教授，武汉化工学院环境科学系的刘大银教授及化学工业出版社的大力支持和帮助。

此外，书稿在编写过程中参考借鉴了大量国内高校教材及专业科技文献资料（参考文献列于书后）。在此谨向上述各位专家及参考文献的原作者表示衷心的感谢。

限于编者水平，教材中遗漏和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2004年2月

目 录

1 绪论	1
1.1 水循环及水资源	1
1.1.1 水循环	1
1.1.2 水资源	2
1.2 水体污染与自净	3
1.2.1 天然水的杂质及其水体污染	3
1.2.2 水体的自净作用	4
1.3 水体污染源与污染物	5
1.3.1 水体污染源与污染类型	5
1.3.2 水体中主要污染物的性质及危害	6
1.4 水污染指标与水质标准	13
1.4.1 废水的水质指标	13
1.4.2 水质标准	18
1.5 水污染控制的基本方法	19
1.5.1 污水处理方法的分类	19
1.5.2 污水处理流程	20
习题及思考题	21
2 污水的物理处理	23
2.1 均和调节	23
2.1.1 均和调节作用	23
2.1.2 水量调节	23
2.1.3 水质调节	24
2.1.4 调节池容积的计算	25
2.2 筛滤	25
2.2.1 格栅	26
2.2.2 筛网	28
2.2.3 栅渣或筛余物的处理和处置	29
2.3 沉淀	30
2.3.1 沉淀的基本理论	30
2.3.2 沉砂池的构造与工作特征	32
2.3.3 沉淀池的构造与工作特征	35
2.4 除油	42
2.4.1 含油污水的特征	42
2.4.2 除油池的类型和构造	42
2.4.3 除油池的计算与设计	43

2.4.4	隔油技术的进展	44
2.5	离心分离	46
2.5.1	离心分离原理	46
2.5.2	旋流分离器	47
2.5.3	离心分离机	48
2.6	过滤	49
2.6.1	过滤机理	49
2.6.2	颗粒材料滤池——快滤池	49
2.6.3	快滤池的异常问题及解决办法	51
2.7	高梯度磁分离	53
2.7.1	高梯度磁分离装置	53
2.7.2	高梯度磁分离的应用	53
	习题及思考题	54
	技能训练 静置沉淀实验	55
3	污水的化学处理	58
3.1	中和	58
3.1.1	概述	58
3.1.2	酸碱污水相互中和	59
3.1.3	投药中和法	60
3.1.4	过滤中和法	62
3.1.5	中和处理中应注意的问题	63
3.2	混凝	64
3.2.1	混凝原理	65
3.2.2	混凝剂与助凝剂	68
3.2.3	混凝工艺过程及设备	69
3.2.4	操作管理	74
3.2.5	澄清池	75
3.3	化学沉淀	77
3.3.1	化学沉淀的基本原理	77
3.3.2	氢氧化物沉淀法	79
3.3.3	硫化物沉淀法	79
3.3.4	钡盐沉淀法	80
3.3.5	碳酸盐沉淀法	81
3.3.6	铁氧体沉淀法	81
3.4	化学氧化还原	82
3.4.1	基本原理	82
3.4.2	化学氧化	83
3.4.3	化学还原	87
3.5	电解	89
3.5.1	电解基本原理	89
3.5.2	电解装置及特点	90

3.5.3	电解法处理电镀废水实例	92
3.6	消毒	94
3.6.1	消毒的目的和方法	94
3.6.2	物理法消毒	94
3.6.3	化学法消毒	95
3.6.4	消毒法在污水处理中的应用	98
	习题及思考题	99
	技能训练 混凝实验	100
4	污水的物理化学处理	103
4.1	气浮	103
4.1.1	气浮原理	103
4.1.2	气浮设备形式及计算	105
4.1.3	气浮法的优缺点	111
4.1.4	气浮运行操作中应注意的事项	112
4.2	吸附	112
4.2.1	吸附的基本原理及分类	112
4.2.2	吸附平衡与吸附等温线	113
4.2.3	吸附的影响因素	114
4.2.4	吸附剂及其再生	116
4.2.5	吸附操作方式及设计	118
4.2.6	吸附法在污水处理中的应用实例	121
4.3	离子交换	122
4.3.1	离子交换剂	122
4.3.2	离子交换平衡	126
4.3.3	离子交换过程与再生过程	126
4.3.4	离子交换设备和设计计算	129
4.3.5	离子交换法在污水处理中的应用	130
4.3.6	离子交换系统的操作管理与维护	131
4.4	膜分离法	131
4.4.1	电渗析	132
4.4.2	反渗透	134
4.4.3	超滤	139
4.5	萃取	140
4.5.1	萃取的基本原理	140
4.5.2	萃取剂及其再生	141
4.5.3	萃取流程及设备	142
4.5.4	萃取法应用实例	144
4.6	吹脱	144
4.6.1	吹脱基本原理	145
4.6.2	吹脱装置	145
4.6.3	影响吹脱的主要因素	146

4.6.4	解吸气体的最终处置	146
4.6.5	应用实例	147
	习题及思考题	147
	技能训练 1 气浮实验	148
	技能训练 2 活性炭吸附	152
5	污水的好氧生物处理	154
5.1	污水生物处理的基本理论	154
5.1.1	污水中的微生物	154
5.1.2	微生物的代谢与污水的生物处理	155
5.1.3	微生物的生长条件和生长规律	158
5.1.4	生化反应动力学	161
5.1.5	污水的可生化性	163
5.1.6	生物处理方法的分类	165
5.2	污水的好氧生物处理	165
5.2.1	活性污泥法的基本原理	165
5.2.2	活性污泥法的运行方式	169
5.2.3	曝气与曝气池	179
5.2.4	活性污泥系统的工艺设计	185
5.2.5	活性污泥系统的运行管理	192
5.3	生物膜法	200
5.3.1	生物膜法的基本原理	201
5.3.2	生物滤池	202
5.3.3	生物转盘	211
5.3.4	生物接触氧化	216
5.3.5	生物流化床	221
5.3.6	生物膜法的运行管理	223
5.4	污水的自然生物处理	225
5.4.1	稳定塘	225
5.4.2	土地处理系统	230
5.5	生物-膜法	233
5.5.1	MBR 的工艺机理	233
5.5.2	MBR 的类型	233
5.5.3	MBR 的特点	234
5.5.4	MBR 工艺中膜污染及防治	236
	习题及思考题	237
6	污泥、污水的厌氧生物处理	240
6.1	概述	240
6.1.1	厌氧消化的机理	240
6.1.2	影响厌氧消化效率的因素 (厌氧发酵的工艺控制条件)	241
6.2	污泥的厌氧消化	243
6.2.1	消化工艺	243

6.2.2	消化池的构造	244
6.2.3	消化池有效容积的计算	249
6.2.4	消化池的启动、运行与管理	251
6.3	污水的厌氧消化	253
6.3.1	厌氧接触法	253
6.3.2	厌氧滤池	255
6.3.3	升流式厌氧污泥床反应器	257
6.3.4	厌氧复合床反应器	260
6.3.5	厌氧膨胀床和流化床	261
6.3.6	厌氧生物转盘	261
6.3.7	二段厌氧消化工艺	262
6.3.8	水解工艺	263
6.3.9	膨胀颗粒污泥床反应器	264
6.3.10	内循环厌氧反应器	265
6.3.11	厌氧折流板反应器	266
6.4	污泥处理和处置	267
6.4.1	概述	268
6.4.2	污泥浓缩	270
6.4.3	污泥脱水	274
6.4.4	污泥干化	280
6.4.5	污泥的最终处置	282
	习题及思考题	284
	技能训练 厌氧消化	285
7	循环冷却水的处理	287
7.1	概述	287
7.1.1	工业冷却水循环利用的意义	287
7.1.2	工业冷却水系统的类型	287
7.2	水的冷却原理与冷却构筑物	290
7.2.1	冷却原理	290
7.2.2	冷却构筑物	290
7.2.3	敞开式循环冷却水系统存在的问题	291
7.3	循环水水质控制	293
7.3.1	水垢及其控制	293
7.3.2	污垢的控制	297
7.3.3	腐蚀及其控制	298
7.3.4	微生物控制	306
	习题及思考题	311
8	污水处理厂的设计与运行管理	312
8.1	污水处理厂的设计	312
8.1.1	污水处理厂的设计内容及原则	312
8.1.2	污水处理厂的厂址选择	313

8.1.3	污水处理工艺流程	313
8.1.4	污水处理厂的平面布置与高程布置	315
8.1.5	污水处理工程节能设计	317
8.2	污水处理厂的运行管理和自动控制	317
8.2.1	污水处理工程的验收	317
8.2.2	工程验收的准备	318
8.2.3	工程验收的内容	318
8.2.4	污水处理厂的试运行	319
8.2.5	污水处理厂的运行管理	319
8.2.6	污水处理装置自动化控制技术	322
	习题及思考题	324
附录		325
附表 1	第一类污染物最高允许排放浓度	325
附表 2	第二类污染物最高允许排放浓度	325
附表 3	部分行业最高允许排水量	326
参考文献		327

1

绪论

水是生命之源，是自然界最普遍存在的物质之一。水既是人体组成的基础物质，又是新陈代谢的主要介质。人类视水为生命的源泉，视水为经济的命脉，视水为宝贵的资源。水有极大的热容量，因此，水对调节地球上的气温起着巨大的作用。水是人类环境的重要组成部分。可见，保护水资源、防治水污染是全人类神圣和义不容辞的责任。

1.1 水循环及水资源

1.1.1 水循环

水是地球上最丰富的物质，大约是在 30 亿年前形成的，地球上水的储量是有限的，自然界中的水是不能新生的，只能通过水循环而再生。水的循环分为自然循环和社会循环两种。

1.1.1.1 自然循环

地球表面的水体如海洋、湖泊、河流等广大水体及土壤表面、植物茎叶等在太阳辐射作用下，其中大量水分被蒸发和蒸腾形成水汽，上升到空中形成云，又在大气环流的作用下飘移到各处，在适当的条件下又以雨、雪、雹等形式降落下来。这些降落下来的水分一部分渗入地下成为土壤水或地下水；一部分可顺着地表径流汇入江河、湖泊，并最终汇入海洋。与此同时，一部分经过地面和水面的蒸发以及植物吸收后茎叶的蒸腾又进入大气圈中。这种川流不息、循环往复的过程叫做水的自然循环（见图 1-1）。其内因是水的物理特性，外因是太阳的辐射和地心的引力。

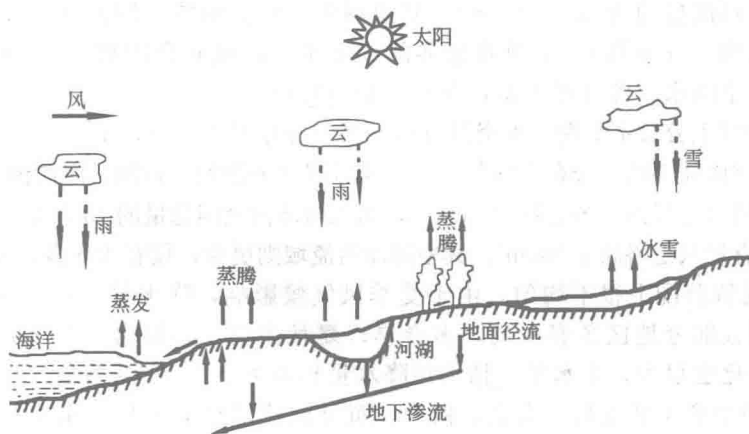


图 1-1 水的自然循环

1.1.1.2 社会循环

人类社会为了满足生活和生产需求从各种天然水体中取用大量的水，这些生活和生产的用水，使用后成为生活污水和工业废水，它们被排放后最终又流入天然水体。这样，水在人类社会中也构成了一个循环体系，称为水的社会循环。社会循环中取用的水量虽然仅是径流和渗流水量的百分之二三，亦即地球总水量的数百万分之一，然而，就是取用这似乎微不足道的水，却表现出人与自然在水量和水质方面存在着巨大的矛盾。水体环境保护和治理的任务就是调查研究和解决这些矛盾，保证取水和排水的社会循环能够顺利进行。

1.1.2 水资源

1.1.2.1 水资源及其分布

水资源包括地表水和地下水。地球上的水总量为 $1.4 \times 10^9 \text{ km}^3$ ，似乎是取之不尽、用之不竭的，但其中绝大部分水存在于大洋、浅海及海洋沉积物中，淡水所占的比例不到 2.7%，而且淡水的大部分以两极的冰盖、冰河和深度在 750m 以上地下水的形式存在。与人类生活和生产关系密切的淡水，仅是河流、湖泊等地表水和地下水的一部分，其储量约为 $8.5 \times 10^6 \text{ km}^3$ ，仅占地球总水量 0.64%。可见，能供人类直接利用而且易于取得的淡水资源是十分有限的。地球上水资源的分布及分配比见表 1-1。

表 1-1 地球上水资源的分布及分配比

分布类型	体积/ km^3	分配比/%	分布类型	体积/ km^3	分配比/%
地表水			地下水(深层)	4170000	0.31
淡水湖	125000	0.009	其他水		
咸水湖	104000	0.008	冰盖及冰河	29200000	2.15
河流	1250	0.0001	大气	13000	0.001
地表以下的水			海洋	1320000000	97.2
土壤及渗透水	67000	0.005	生物体内	6000	0.0005
地下水(地面至地下 750m)	4170000	0.31	总计	1357856250	100

1.1.2.2 中国水资源的特点

水资源并不是取之不尽、用之不竭的。水资源的地域分布极不均匀，有些地区水资源相当匮乏。按国际通行标准，淡水消耗量占本国淡水总量的 20%~40%，即视为中高度缺水国家；淡水消耗量超过本国淡水总量的 40%，即视为高度缺水国家。

中国河川年径流量约为 $2.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，居世界第 6 位，但按人均占有量（约 2200 m^3 ）计算，只有世界人均占有量的 1/4，排在世界的 121 位，已被联合国列为 13 个水资源贫乏国家之一。因此，中国水资源并不丰富，并存在如下特点。

① 水量在地区上分布不平衡。水资源分布与降水分布基本一致，呈东南多、西北少，由东南沿海地区向西北内陆递减，分布不均匀。长江流域以北的淮河、黄河、海滦河、辽河、黑龙江五个流域水资源量合计仅占全国总量的 14.4%，而人口却占全国总量的 43.5%。所以这五个流域的人均水资源占有量只是略高于 900 m^3 。其中海滦河流域则更少，仅有 400 多立方米。

② 水量在时程分配上很不均匀。由于受季风气候影响，降水量在年内分配不均，年际变化很大。中国大部分地区冬春少雨，多春旱；夏秋多雨，多洪涝。全年降水多集中在夏季。此外年际变化也很大，丰水年、枯水年降水量相差可达 5~6 倍之多。

③ 水土资源组合不相适应。东北、西北、黄淮河流域径流量只占全国总量的 17%，但土地面积却占全国的 65%；长江以南江河径流量占全国的 83%，土地面积仅占 35%。此外，对水资源的开发利用各地也很不平衡，南方多水地区水的利用程度较低，北方少水地区

地表水、浅层地下水开发利用程度较高。

随着经济的迅速发展，用水量将日益增加，与此同时，水资源由于受到工业废水和生活污水的污染，水质日益恶化，据对 44 个城市水质调查结果表明，地下水有 93.2% 被污染，地表水 100% 遭污染。因此，正确认识中国水资源的特点，合理开发利用，防止水污染，保护水资源是刻不容缓的任务。

1.2 水体污染与自净

1.2.1 天然水的杂质及其水体污染

1.2.1.1 天然水中的杂质

由于水极易与各种物质混杂，溶解能力又较强。所以，在自然循环中，任何天然水体都不同程度地含有多种多样的杂质，其中包括地球上各种化学过程和生物过程的产物，人类在生产、生活活动中形成的各种废弃物等。天然水中这些物质的固有含量就构成了这一水体的水质本底。因而天然水不是化学上的纯水，而是含有许多溶解性和非溶解性物质所组成的极其复杂的综合体。因而在评价水体污染情况时，不能只根据水体中某些成分的存在与否和含量的多寡而下结论，还要摸清本底。天然水中所含各种物质按溶质粒径的大小分为三类：悬浮物、胶体和溶解物。

天然水中通常可能含有的杂质及其对工业使用和人类健康的主要影响如表 1-2 所列。

一般来说，地面水较浑浊，细菌较多，硬度较低，而地下水则较清，细菌较少，特别是深层井水，细菌更少，但硬度较高。

表 1-2 天然水中的杂质

悬浮物质及胶体物质	细菌——有致病的和对人体无害的 藻类及原生动物——臭味、色度和浑浊度 泥砂、黏土——浑浊度 溶胶——如硅酸胶体等 高分子化合物——如腐殖质胶体等 其他不溶性物质		
溶解物质	盐类	钙 镁	重碳酸盐——碱度、硬度 碳酸盐——碱度、硬度 硫酸盐——硬度 氯化物——硬度、腐蚀锅炉
		钠	重碳酸盐——碱度、有软水作用 碳酸盐——碱度、有软水作用 硫酸盐——锅炉内汽水共腾 氟化物——致病 氯化物——味
	铁盐、锰盐——味、色、硬度、腐蚀金属		
气体	氧——腐蚀金属 二氧化碳——腐蚀金属、酸度 硫化氢——臭味、酸度、腐蚀金属 氮		
	其他溶解性物质		

1.2.1.2 水体污染

水体污染是指排入水体的污染物在数量上超过了该物质在水体中的本底含量和水体环境容量，从而导致了水体的物理、化学及微生物特性发生变化，破坏了水中固有的生态系统，破坏了水体的功能及其在经济发展和人民生活中的作用。

水污染的发生取决于污染物、污染源及承受水体三方面的特征及其相互作用和关系。水污染可分为自然污染和人为污染两大类。自然污染是指由自然因素所产生的污染，例如降水对各种矿石的溶解作用和对大气的淋洗以及地表径流挟带各种污染物质进入水体而形成的污染。如茂名北部矿区潜水水质呈酸性等。但是一般来说，自然污染只发生在局部地区，因此危害也往往具有地区性。

所谓人为污染是指人类在生产 and 生活中产生的“三废”对水体的污染。其中工业废水是造成水体污染的主要污染源。人类活动造成的水质（淡水）污染首先从住宅区开始，并因人口增长而急剧增加。化学物质从地方到地区、乃至全球，污染影响的范围不断扩大。起初，有机废弃物的污染和灌溉系统的盐碱化曾是主要问题。现在人们关心的还有悬浮的固体物、重金属、放射性废弃物、硝酸盐和难降解的有机污染物以及湖泊、沿海岸与海湾水体的富营养化等问题。

1.2.2 水体的自净作用

污染物随污水排入水体后，经物理、化学和生物等方面的作用，使污染物的浓度或总量减少，经过一段时间后，受污染的水体将恢复到受污染前的状态，这一现象就称为水体的自净作用。水体的自净能力是有限的，影响水体自净的因素主要有：河流、湖泊、海洋等水体的地形和水文条件；水中微生物的种类和数量；水温和复氧状况；污染物的性质和浓度等。

水体自净的机制可以分为以下几类。

(1) 物理过程 物理净化作用指污染物质由于稀释、混合、沉淀等作用而使水体污染物质浓度降低的过程。稀释、混合在概念上很简单，而在机理上却是复杂的。稀释除与分子扩散有关外，还受湍流扩散作用的影响。混合作用与温度、水团流量和搅动情况有关。通过沉降过程可降低水中不溶性悬浮物的浓度，由于同时发生的吸附作用，还能消除一部分可溶性污染物。

(2) 化学及物理化学过程 污染物质通过氧化、还原、吸附、凝聚、中和等反应使其浓度降低的过程。

(3) 生物化学过程 由于水中微生物的代谢活动，污染物中的有机物质被分解氧化并转化为无害、稳定的无机物，从而使其浓度降低的过程。

水体自净包含十分广泛的内容，任何水体的自净都是上述三项过程的综合，它们同时、同地产生，相互影响，相互交织在一起。其中以生物自净过程为主，生物体在水体自净作用中是最活跃、最积极的因素。

以河流的生化自净为例，当河流接纳有机废水后河水的溶解氧含量就会发生变化，其变化情况如下。

受污染前，河水中的溶解氧一般是饱和的或缺氧很少。在受到污染之后，开始时，河水中的有机物大量增加，好氧分解剧烈，消耗大量溶解氧，同时河流又从水面上获得氧气（复氧），不过这时耗氧速度大于复氧速度，河水中的溶解氧迅速下降。随着有机物被分解而减少，耗氧速度减慢，在最缺氧点，耗氧速度等于复氧速度。接着耗氧速度小于复氧速度，河水的溶解氧逐渐回升。最后，河水溶解氧恢复或接近饱和状态。这条曲线被称为氧垂曲线，

如图 1-2 所示。

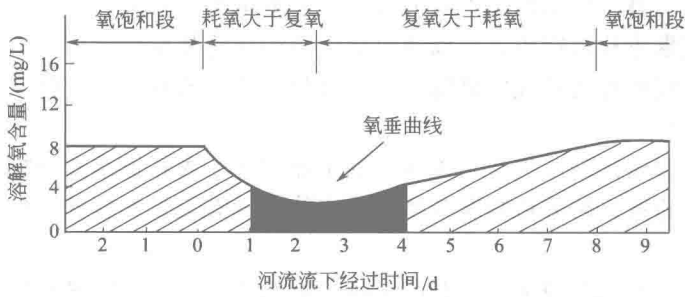


图 1-2 氧垂曲线示意

当有机物污染程度超过河流的自净能力时，河流将出现无氧河段。这时开始厌氧分解，产生硫化氢、甲烷等，使河水变黑，并有臭气产生。河流的氧垂曲线会发生中断现象。氧垂曲线反映了两点：①废水排入河流后溶解氧的变化情况，间接表示河流的自净过程；②最缺氧点距离受污点的位置及其溶解氧含量。

在微生物（细菌）分解有机物的同时，水体中水生生物群落结构也随水质的自净发生变化，所以亦可用生物群落判断水体自净状况和指标。

1.3 水体污染源与污染物

1.3.1 水体污染源与污染类型

1.3.1.1 水体污染源

造成水体污染的因素很多，具体归纳为以下几个方面。

(1) 工业污染源 造成地面水和地下水污染的主要来源属工业污染。在工业生产过程中要消耗大量新鲜水，排出大量废水，其中夹带许多原料、中间产品或成品，例如重金属、有毒化学品、酸碱、有机物、油类、悬浮物、放射性物质等。不同工业、不同产品、不同工艺过程及不同原材料等排出的废水水质、水量差异很大。因此，工业废水具有面广、量大、成分复杂、毒性大、不易净化、难处理的特点。

这些工业污染物如不加妥善处理就大量排入水体，必然对水体造成严重的污染。对人体造成的危害是十分巨大的。

(2) 生活污染源 人们在生活中排出大量的污水，如厨房污水、粪便污水、洗涤污水等。生活污水中含有大量的有机物（占 70%）、病原菌、寄生虫卵等，排入水体或渗入地下将造成严重污染，生活污水的水质成分呈较规律的变化，用水量则呈较规律的季节变化，随着城市人口的增长及饮食结构的改变，其用水量会不断增加，水质成分亦会有所变化。

(3) 其他污染源 雨、雪水淋洗大气中的有毒污染物、冲刷地面污染物后进入水体；农田施用的农药、化肥以及牲畜粪便等农村污水流失到水体中均造成水体的严重污染。此类污水具有面广、分散、难于收集和难于治理的特点。

1.3.1.2 污染类型

目前人们关注的环境问题主要有以下几种。

(1) 病原体污染 生活污水、畜禽饲养场污水及制革、洗毛、屠宰业和医院等排出的废