

高职高专规划教材

# 水污染控制技术

崔迎 主编

武首香 唐艳 副主编



化学工业出版社

高职高专规划教材

# 水污染控制技术

崔迎 主编

武首香 唐艳 副主编



化学工业出版社

·北京·

本书的主要内容分为三篇：城镇排水系统及水污染，市政污水处理技术和工业废水处理技术。每篇由“导读”和若干章组成，导读部分主要起到导入主旨和提纲挈领的作用。本教材重点突出高职教学要求的应用性和实用性，在知识点选择上采取力求丰富而着力重点的原则。强调“流程”概念；以城镇水污染控制为目标，包含城镇污水收集系统、市政污水处理系统及工业污水处理系统等全方面内容；按照高职高专教学要求进行编撰，内容更贴近高职学生接受能力，并强调实用性。

本书为高职高专院校环境监测与治理技术、环境监测与评价，给水排水工程技术和市政工程技术专业的教材，也可作为相关工程技术人员的参考书及相关企业的培训教材。

#### 图书在版编目 (CIP) 数据

水污染控制技术/崔迎主编. —北京：化学工业出版社，2015.8  
高职高专规划教材  
ISBN 978-7-122-24695-0

I. ①水… II. ①崔… III. ①水污染-污染控制-  
高等职业教育-教材 IV. ①X520.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 167551 号

---

责任编辑：王文峡  
责任校对：吴 静

文字编辑：陈 雨  
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：三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 20 字数 526 千字 2015 年 10 月北京第 1 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：45.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

近年来,随着我国城镇化步伐的不断加快,城镇水污染控制正在成为影响和制约我国社会发展的重要瓶颈之一。“十二五”期间,我国城镇人口比例已超过50%即“刘易斯拐点”,大规模的城镇化带来城镇污水处理问题。大量城镇污水厂站亟需具备水污染控制技术方面的人才进行运营管理,为相关职业人才提供了广阔的用武之地,也客观上促进了高职院校相关专业人才培养的需求。

本书以城镇水污染控制为目标,从污水的产生、收集输送、处理乃至再生利用,进行全过程的讲述。由于水污染控制技术的应用领域极其多样,既包括与日常生活密切相关的市政领域,也包括种类庞杂的工业领域。相比于水质复杂的工业废水,市政污水的水质较为稳定,其处理方法也较为系统,因此在市政污水篇章中,按照处理流程的顺序进行逐一的介绍;工业废水的水质情况受行业类别、工业特征等因素影响,不同废水之间水质差异大、处理方法也不相同,因此在工业废水处理篇章中,按照工艺方法类别进行介绍,并适当进行系统归纳。两个部分之间的内容互有补充,因此交叉内容选择应用更为普遍的领域进行详细介绍:如“活性污泥法”虽然在市政污水篇章中进行介绍,但在工业废水处理中也较常见,而“气浮法”可应用于市政污水深度处理,但主要在工业废水篇章中进行介绍。

本书的主要内容分为三篇,每篇一个主题,分别为“城镇排水系统及水污染”、“市政污水处理技术”和“工业废水处理技术”;每篇由“导读”和若干章组成,导读部分主要起到导入主旨和提纲挈领的作用。

本教材重点突出高职教学要求的应用性和实用性,在知识点选择上采取力求丰富而着力重点的原则,对传统教材的内容进行适当的取舍或内容比例调整。主要特色包括:

(1) 强调“流程”概念;

(2) 以城镇水污染控制为目标,包含城镇污水收集系统、市政污水处理系统及工业废水处理系统等全方面内容;

(3) 按照高职高专教学要求进行编撰,内容更贴近高职学生接受能力,并强调实用性。

本书共分三篇九章,由崔迎主编,其中第一、二章由李秀芳编写,第三章、第四章第五节由高红编写,第四章第一节、第五章由赵倩倩编写,第四章第二节以及各篇导读由崔迎编写,第四章第三节、第九章由唐艳编写,第四章第四节、第八章由翟建编写,第六章、第七章由武首香编写,全书由崔迎、赵倩倩统稿。本书可供大专院校环保类专业、给排水专业和市政专业使用,也可作为相关工程技术人员参考书及相关企业的培训教材。

由于时间仓促以及编者水平所限,教材中难免存在不足之处,希望读者和广大师生提出宝贵意见。

编 者  
2015年4月

# 目 录

## 第一篇 城镇排水系统及水污染

导读 水资源与水环境 .....	1	第一节 城镇污水的来源与特征 .....	35
第一章 城镇水系统与排水体制 .....	5	一、城镇污水来源分类 .....	35
第一节 城镇水系统 .....	5	二、市政污水的特征 .....	35
一、城镇给水系统 .....	5	三、工业废水的特征 .....	35
二、城镇排水系统 .....	12	第二节 污水中的主要污染物及水质指标 .....	36
三、城镇水环境 .....	14	一、污水中的主要污染物及其危害 .....	36
第二节 城镇排水体制 .....	16	二、热污染 .....	40
一、合流制系统 .....	16	三、表征污水水质的常用指标 .....	40
二、分流制系统 .....	17	第三节 水污染控制技术概论 .....	44
三、排水体制的选择 .....	18	一、污水处理技术分类 .....	44
第三节 城镇排水管网系统及主要构筑物 .....	19	二、污水处理流程 .....	46
一、排水渠构成 .....	19	三、尾水的出路与利用 .....	48
二、排水渠水力参数 .....	21	第四节 水污染控制相关法规与标准 .....	49
三、排水渠上的构筑物 .....	25	一、水污染控制的重要法规 .....	49
四、排水泵站 .....	31	二、水环境质量标准 .....	50
第二章 城镇水污染控制 .....	35	三、污染物排放标准 .....	50

## 第二篇 市政污水处理技术

导读 市政污水特征及处理系统构成 .....	53	三、微生物的生长规律 .....	79
第三章 市政污水一级处理 .....	57	四、废水生物处理中的重要过程 .....	80
第一节 集水池与格栅 .....	57	第二节 活性污泥法 .....	82
一、集水池与提升泵 .....	57	一、活性污泥的性状及组成 .....	82
二、格栅与筛网 .....	57	二、活性污泥中的微生物 .....	83
第二节 沉砂池 .....	63	三、活性污泥法处理过程 .....	85
一、污水中的砂粒及其去除 .....	63	四、活性污泥法的运行方式与工艺 .....	88
二、平流沉砂池 .....	63	五、曝气设备与控制 .....	102
三、曝气沉砂池 .....	64	六、活性污泥系统构筑物 .....	113
四、旋流沉砂池 .....	65	七、活性污泥系统的运行管理 .....	115
第三节 沉淀池 .....	67	第三节 生物脱氮除磷技术 .....	121
一、沉淀理论 .....	67	一、氮磷循环 .....	121
二、平流沉淀池 .....	70	二、生物脱氮工艺 .....	122
三、辐流沉淀池 .....	72	三、生物除磷工艺 .....	128
四、竖流沉淀池 .....	73	四、同步脱氮除磷工艺 .....	130
第四章 市政污水二级处理 .....	75	第四节 膜生物反应器 .....	134
第一节 污水生物处理技术基础 .....	75	一、MBR 工艺原理 .....	134
一、生物处理方法概述 .....	75	二、MBR 工艺的构型与特点 .....	134
二、主要微生物及微生物生态系统 .....	75	三、MBR 工艺的膜与膜组件 .....	136

四、MBR 工艺运行控制 .....	137	一、稳定塘 .....	197
五、MBR 中膜污染控制与改善 .....	138	二、人工湿地 .....	200
六、工程应用实例 .....	144	三、土地渗滤 .....	201
第五节 生物膜法 .....	145	第六节 消毒 .....	202
一、生物膜法原理及工艺特征 .....	145	一、氯和二氧化氯消毒 .....	203
二、生物滤池 .....	149	二、紫外线消毒 .....	204
三、生物转盘 .....	159	三、臭氧消毒 .....	205
四、生物接触氧化 .....	163	第六章 污泥处理与处置技术 .....	207
五、曝气生物滤池 .....	168	第一节 污泥的特征 .....	207
六、活性污泥-生物膜复合工艺 .....	173	一、污泥的来源及分类 .....	207
第五章 市政污水深度处理与再生 利用 .....	175	二、污泥的性质指标 .....	208
第一节 污水再生处理的目标与流程 选择 .....	175	第二节 污泥浓缩 .....	212
一、污水再生处理的需求 .....	175	一、污泥重力浓缩 .....	212
二、再生水的应用类别 .....	175	二、污泥气浮浓缩 .....	214
三、污水深度处理流程选择 .....	177	第三节 污泥脱水 .....	217
第二节 混凝 .....	178	一、脱水预处理 .....	217
一、混凝机理与工艺形式 .....	178	二、污泥压滤脱水 .....	218
二、混凝剂与助凝剂 .....	180	三、污泥离心脱水 .....	220
三、混凝工艺设备 .....	182	四、污泥真空过滤脱水 .....	221
四、混凝工艺运行控制 .....	184	第四节 污泥厌氧消化 .....	222
第三节 过滤 .....	185	一、污泥厌氧消化的原理 .....	222
一、过滤工艺过程 .....	185	二、厌氧消化的影响因素 .....	223
二、常用滤池类型 .....	187	三、厌氧消化工艺 .....	225
三、滤料与承托层 .....	188	四、消化池的运行管理 .....	226
四、滤池运行与冲洗 .....	189	第五节 污泥干化与焚烧 .....	227
第四节 膜分离 .....	191	一、污泥干化原理 .....	227
一、膜的分类与应用 .....	191	二、污泥干化技术与设备 .....	228
二、微滤 .....	192	三、污泥焚烧原理与影响因素 .....	231
三、超滤 .....	193	四、污泥焚烧系统 .....	232
四、纳滤 .....	194	五、污泥焚烧污染控制 .....	233
五、反渗透 .....	195	第六节 污泥处置与资源化 .....	235
第五节 生态技术 .....	197	一、污泥填埋 .....	235
		二、污泥堆肥 .....	237
		三、其他资源化途径 .....	241

### 第三篇 工业废水处理技术

导读 工业废水特征与处理方法 选择 .....	243	一、化学沉淀基本原理 .....	256
第七章 化学处理技术 .....	251	二、化学沉淀类型与方法 .....	257
第一节 中和 .....	251	三、化学沉淀池的运行管理 .....	259
一、酸碱废水来源与特征 .....	251	四、化学分类沉淀法处理铜箔废水的工程 应用 .....	259
二、中和药剂 .....	251	第三节 氧化与还原 .....	261
三、污水中和工艺过程与控制 .....	252	一、化学氧化法 .....	261
四、石灰中和法处理煤矿酸性废水工程 应用 .....	255	二、高级氧化技术 .....	264
第二节 化学沉淀 .....	256	三、化学还原法 .....	267
		第四节 电解 .....	268

一、电解处理工艺原理 .....	268	第一节 厌氧生物技术基础 .....	292
二、电解法处理含铬废水 .....	269	一、厌氧生物处理的基本原理与特点 ...	292
三、电解法处理含氰废水 .....	269	二、厌氧处理特征菌群 .....	293
四、微电解工艺 .....	270	三、有机污染物的厌氧生物转化过程 ...	294
<b>第八章 物理化学处理技术 .....</b>	<b>273</b>	<b>第二节 传统厌氧反应器 .....</b>	<b>295</b>
<b>第一节 气浮 .....</b>	<b>273</b>	一、厌氧接触法 .....	296
一、气浮原理及其应用 .....	273	二、厌氧生物滤池 .....	296
二、气浮的工艺类型 .....	274	<b>第三节 升流式厌氧污泥床反应器 .....</b>	<b>298</b>
<b>第二节 吸附 .....</b>	<b>277</b>	一、UASB 反应器工艺原理与结构 .....	298
一、吸附原理与类型 .....	277	二、UASB 反应器运行控制 .....	299
二、吸附等温线 .....	278	三、沼气产量与利用 .....	301
三、影响吸附的因素 .....	278	四、UASB 反应器工业应用 .....	301
四、吸附剂及其再生 .....	279	<b>第四节 新型厌氧生物反应器 .....</b>	<b>303</b>
五、吸附操作方式及运行控制 .....	281	一、厌氧颗粒污泥膨胀床 .....	303
六、吸附在工业废水处理中的应用 .....	282	二、厌氧内循环反应器 .....	303
<b>第三节 离子交换 .....</b>	<b>283</b>	三、厌氧折流板反应器 .....	304
一、离子交换过程与原理 .....	283	四、厌氧膜生物反应器 .....	306
二、离子交换剂及其再生 .....	284	<b>附录 .....</b>	<b>308</b>
三、离子交换设备 .....	286	附录 1 地表水环境质量标准 (GB 3838—	
四、离子交换法在工业废水处理中的		2002) 节选 .....	308
应用 .....	287	附录 2 海水水质标准 (GB 3097—1997)	
<b>第四节 吹脱 .....</b>	<b>289</b>	节选 .....	309
一、吹脱原理 .....	289	附录 3 污水综合排放标准 (GB 8978—	
二、吹脱工艺影响因素 .....	289	1996) 节选 .....	310
三、吹脱设备 .....	290	附录 4 城镇污水处理厂污染物排放标准	
四、工程实例 .....	291	(GB 18918—2002) 节选 .....	311
<b>第九章 厌氧生物处理技术 .....</b>	<b>292</b>	<b>参考文献 .....</b>	<b>313</b>

# 第一篇 城镇排水系统及水污染



## 导读 水资源与水环境

水是人类社会经济发展的基础自然资源，也是人们生存、生活不可替代的生命源泉。水，不仅孕育了华夏民族，而且还影响了中华文明的产生，并在中华文化的演进历程中演绎出多姿多彩的面貌，形成了历史悠久、博大精深的中华水文化。在古代，水被看成具有灵性、人性之物；在现代，水被认为具有许多特征，如动感与静感、情感、色彩、力量等。纵观人类几千年的发展史，无论是古代的文明建设，还是现代的社会经济建设，构建人水和谐关系，都是保护生态环境，促进社会全面协调可持续发展的必由之路。

人类对水资源的认识和关注程度是随着水资源的日渐紧缺及生态环境的日渐恶化而不断增加的。狭义的水资源是指自然水体中的特有部分，即由大气降水补给，具有一定数量和人类现有技术条件下直接被利用，且年复一年有限可循环再生的、水质满足特定行业标准的淡水，它们在数量上等于地表水和地下径流的总和。广义的水资源是指地球上一切正在被利用和可能被利用的水，强调水资源具有被人类利用的潜力。据有关资料显示，地球上水的储藏量约 14 亿立方米，海水量约占 97.3%，淡水量仅占不足 3%，且其中约有 73% 为极地冰山，还有 13.5% 深藏于距地表 800m 以下的难以开发的底层中，与人类关系密切且能利用的淡水量仅占地球总储量的 0.36%。

### 一、我国水资源现状

#### (一) 总量丰富、人均量少

我国地域辽阔，河流众多，境内有七大水系，长江、黄河、珠江、淮河、海河、辽河与松花江，以及西北地区的一些内陆河流，总长度约有 42 万多千米，其中流域面积在 100km<sup>2</sup> 以上的河流有 5000 多条。此外，我国拥有众多的湖泊和冰川，水面面积在 100km<sup>2</sup> 以上的湖泊有 130 多个，大小冰川面积约 60000km<sup>2</sup>。《2013 年中国水资源公报》显示，2013 年全国水资源总量为 27957.9×10<sup>8</sup>km<sup>3</sup>，居世界第 6 位。然而，由于我国人口众多，人均占有水资源量不足 2000m<sup>3</sup>，约为世界人均水量的 1/4，列世界第 121 位，是世界人均水资源极少的 13 个贫水国之一。

#### (二) 分布不均、水患频发

我国水资源时空分布不均，水资源总量南多北少，西多东少，见表 I-1。另外，由于我

表 I-1 我国水资源分布情况

分 区	水资源总量占全国百分比/%				
	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
南方 4 区	80.5	80.4	78.8	80.9	76.7
北方 6 区	19.5	19.6	21.2	19.1	23.3
东部区	—	—	20.8	—	21.9
西部区	—	—	58.0	—	53.9



国地理位置面向太平洋、背靠欧亚大陆，具有降雨集中的季风气候特点，加上地貌上由西向东倾斜、落差大，导致了我国水资源年内年际分配不均，易发生水患。大部分地区年内连续四个月降水量占全年的70%以上，连续丰水或连续枯水年较为常见。

### （三）用水激增、供需失衡

新中国成立以来至20世纪90年代，我国用水总量迅速增长，从1949年的约1000亿立方米增长到1997年的5566亿立方米。之后，一直趋于稳定。至2013年，全国总用水量达到6184.3亿立方米，其中农业用水占63.4%，工业源用水占22.7%，生活源用水占12.1%，见表I-2。根据中国工程院数据，全国可利用水资源量，不考虑从西南调水，扣除生态环境用水后约为8000亿~9500亿立方米。2050年全国需水量可能达到7000亿~8000亿立方米，届时将接近可利用水资源的极限。

表 I-2 全国用水量分布情况

单位：亿立方米

分 项	1949年	1997年	2002年	2011年	2012年	2013年
总用水	1031	5566	5497	6107.2	6131.2	6183.4
农业	1001	3920	3736	3743.6	3902.5	3921.5
工业	24	1121	1142	1461.8	1380.7	1406.4
生活	6	525	619	789.9	739.7	750.1
人均	187	450	428	454	454	456

### （四）污染严重、利用率低

随着我国经济的快速发展，各类工业废水和生活污水排放量日益增加，水环境污染日趋严重（见图I-1），每年由于水污染造成的经济损失约为全年GNP的1.5%~3%。同时，我国用水效率低下，用水浪费的现象普遍存在。全国农业灌溉水的利用系数平均为0.45，生产单位粮食用水是发达国家的两倍多；万元产值用水量在100多立方米（见图I-2），是发达国家的5~10倍，工业用水的重复利用率仅为30%~40%，而发达国家为70%~80%。

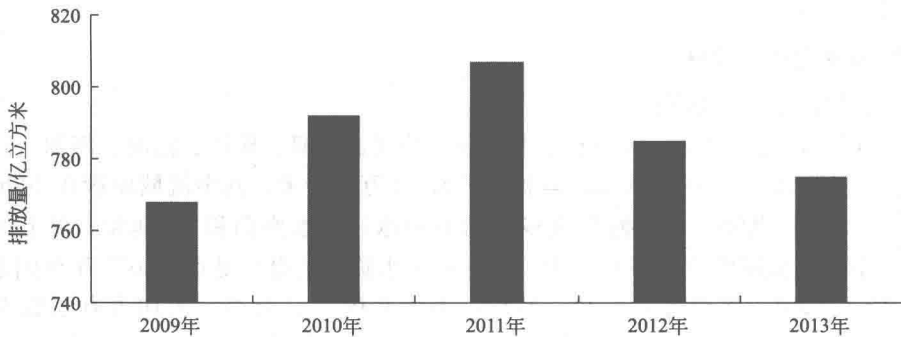


图 I-1 近年来全国废污水排放情况

### （五）治理落后、生态隐患

为了缓解我国水资源危机，提高水资源利用率，近年来我国建设了许多大中型的水利工程，如南水北调工程、三峡工程等，一定程度上实现了水资源的综合利用，但也引发了湖泊萎缩、湿地生态服务功能下降、生物资源衰减、生物多样性受到威胁等一系列的不容忽视的生态环境问题，加剧了生态环境的恶化。

## 二、城市化与城市水环境

自古以来，人类逐水而居，近水而作。作为人类聚居的城市，其产生、发展更是与水息息相关，水资源的质和量支撑着城市的发展。城市化既是人类社会发展的必然趋势，又是现

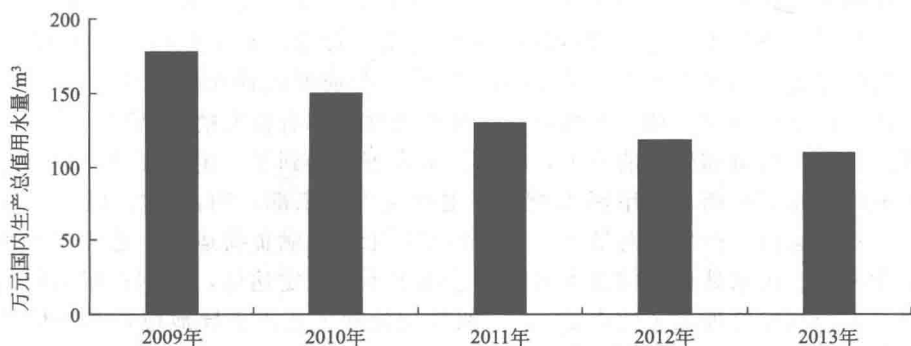


图 I-2 万元国内生产总值用水量

代化水平和人类社会文明程度的重要标志。改革开放以来,我国城镇化进程发展迅速,《2013~2017年中国市政工程行业深度调研与投资战略规划分析报告前瞻》显示,2010年中国城镇人口6.66亿,占全国总人口的49.66%,与2000年相比,增加2.07亿,人口比重上升13.46个百分点。而在未来50年,中国城镇化速度和规模都将继续增大,预计中国总体城市化率将提高到76%以上,大型城市城镇化的比例将会更大。城市化的发展和程度直接和间接影响到涵盖水循环、水资源、水安全、水景观、水生态、水文化等诸多要素在内的城市水环境,严重制约着社会经济的可持续发展。目前,我国城市水环境存在的主要问题表现为以下几个方面。

### (一) 城市水资源匮乏

目前,我国660多个城市中有400个城市缺水,其中严重缺水城市达到130多个,全国城市正常年份缺水100亿立方米,14个沿海开放城市9个严重缺水,北京市人均水资源仅为 $124\text{m}^3$ (2012年北京市水资源公报),天津市人均水资源仅为 $171\text{m}^3$ (2012年天津市水资源公报)。由于地表水资源供水量不足,北方许多城市不得不强行超采地下水,导致地下水位逐年下降,形成大面积地下水漏斗,引发了局部地面沉降。据统计,全国共有46座城市出现地面沉降,上海市地面平均沉降1.5m,天津市地面最大沉降量已超过3m。当前,我国城市用水量每年以5%以上的速度增长,未来城市缺水问题将会进一步加剧,以天津为例,据预测(以保证率75%计算),2020年天津需水量56.87亿立方米,2030年天津需水量60.43亿立方米,未来天津将面临较为严峻的水资源短缺问题。

### (二) 城市水污染日益严重

城市化进程的加快,城市人口的膨胀,导致城市工业废水和生活污水排放量急剧增加,加之目前城市污废水处理能力有限,以及农药、化肥造成近郊的面源污染,使城市水污染日趋严重。据统计资料显示,目前全国有36%的城市河段水质为劣V类,90%的城市水污染情况严重,饮用水达不到用水标准的城市有50%,64%的主要城市地下水的水质也受到较危急的影响,33%的城市地下水的水资源是轻度污染。

### (三) 城市排水系统相对薄弱

我国城市排水系统总体上与城市发展不相协调,普遍存在着设计标准不高的问题。以北京市为例,北京城市排水管网总长度达3807km,其中雨水管道1386km,雨污合流管道756km,污水管道1665km,北京城近郊区雨水合流管道已形成较完整的排水系统30多个,但仍然无法满足城市发展的需要。

目前我国城市排水管道存在着分布稀疏,排水能力差,排水管道老化及堵塞的问题,造

成国内各大中城市遭遇暴雨时内涝频出。自 2008 年起,专家对北京城市排水管道内的沉积物的沉积状况进行调查发现:北京市内有近 70% 的雨水管道内有沉积物,其中有 45% 的雨水管道沉积物的厚度达到了管道直径的 15%~45%,个别可达到 60% 以上。大量的沉积物不仅造成了雨水排水管道的堵塞,而且对城市环境及水体都有极大的污染性。

近年来,尽管从数量和处理能力上,我国污水处理厂得到了一定的提升,但仍存在着诸多问题:①地区分布不平衡,城市污水处理厂主要集中于东部,约占 60% 以上,而中部和西部相对较少;②运行负荷率相对低下,大量污水厂未实现满负荷运行,造成了严重的资源浪费,尚未发挥现有污水处理厂的最大效益;③出水不能稳定达标,我国在线运行的城镇污水处理厂中,一级物化处理工艺约占 2%,二级生化处理工艺占主导地位,其主体处理工艺类型包括氧化沟工艺、活性污泥法、A<sup>2</sup>/O 工艺、SBR 工艺、A/O 工艺和曝气生物滤池(BAF)工艺,此 6 类工艺覆盖了全国 90% 以上城镇污水处理厂,出水中有机物控制相对比较理想,氮、磷等指标时有波动,特别是寒冷季节等。总体来说,与发达国家相比,我国的城市排水系统相对比较薄弱。

#### (四) 污水处理技术相对落后

我国污水处理的机械化及自动化程度与发达国家相比还是存在着较大的技术差距。长期以来,我国的污水处理技术主要是沿袭了欧美国家近百年的路线和处理技术,但一些高物耗和高能耗的工艺技术并不适合我国国情。不得不承认,我国现阶段采用的污水处理技术与同期国外的技术水平相比依然还是很落后,还存在效率低、能耗高、维修率高、自动化程度低等缺点。另外,就目前的发展状况来看,由于小城镇污水处理的兴起,我国的城镇污水处理发展的总趋势是数量越来越多,分布越来越广,规模更趋小型化,技术类型和建设、运营、管理模式更趋多样化。小城镇污水处理有其特点,它所处的自然地理环境各不相同,会对设施建设提出特殊的约束条件;当地经济结构、产业结构不同,导致污水水质千差万别。因此,探索和发展适合我国国情的中小城市污水处理工艺,掌握一批在中小城市具有代表性的污染源的治理技术和城市污水处理技术就势在必行。

综上所述,随着我国城市化和城市现代化的快速推进,城市水环境的治理和优化显得非常重要。要想治理好我国的城市水环境,就必须从城市的整体来考虑,将合理规划、水资源有限利用和污水治理等因素相结合,统筹规划、合理布局、精细管理。

# 第一章 城镇水系统与排水体制

## 第一节 城镇水系统

城镇水系统从天然水体取水，为人类生活、生产活动供应各种用水，再将各用户使用后排出的废水收集、输送、处理并最终排放回天然水体。与此同时，城镇水系统还承担着将城镇各处的降水顺利导排，防止水涝灾害的任务。城镇水系统是水体自然循环的人工强化，是人类文明进步和城市化聚居的产物，是现代化城市最重要的基础设施之一，其完善程度是城市社会文明、经济发展和现代化水平的重要标志。

### 一、城镇给水系统

城镇给水系统的功能是利用安全适用、经济合理的工程技术，合理开发、利用水资源，向城镇各用户供水，并保证用户对水质、水量、水压的不同需求。

#### (一) 城镇给水系统的分类

给水系统是保障城镇用水的各项构筑物和输配水管网组成的系统。根据系统性质可有三种不同的分类方法：按水源性质可分为地下水（潜水、承压水、泉水）给水系统和地表水（江河、湖泊、水库、海洋）给水系统，按供水方式可分为重力给水系统、水泵加压给水系统以及混合给水系统，按使用对象可分为生活给水系统、生产给水系统、市政给水系统和消防给水系统。

生活用水是人们在各种生活活动中直接使用的水，主要包含居民生活用水、公共设施用水和工业企业职工生活用水等。其中居民生活用水是指城镇居民家庭生活中饮用、烹饪、洗浴、冲洗等用水，是保障居民身体健康、家庭清洁卫生和生活舒适的重要条件；公共设施用水是指机关、学校、医院、宾馆、车站、商场、公共浴场等公共建筑和场所的用水；在给水系统水量统计中常常将前述两项合并称为综合用水；工业企业职工生活用水是指工业企业区域内从事生产和管理的人员在工作时间内饮用、烹饪、洗浴、冲洗等生活用水。上述三类用水的水质要求大体相同，除冲洗厕所的用水外均应满足国家生活饮用水卫生标准要求。三类用户对水量的要求与人口、用水单位数、生产工艺、生产条件及工作时间安排有关，计算方法应参照《室外给水设计规范》执行。

生产用水是指工业生产过程中为满足生产工艺和产品质量要求的用水，又分为产品用水（水成为产品的一部分）、工艺用水（水作为溶剂、载体等）和辅助用水（冷却、清洗）等。由于工业企业千差万别，行业、工艺不同，其对水量、水质、水压的要求也各有不同；如设备冷却用水对浊度要求不高，而电子工业的工业用水、食品工业的产品用水则需要用纯水。确定工业生产用水水质要求时，应深入了解用水情况，熟悉用户的生产工艺过程，以确定其对水量、水质、水压的要求。

市政用水是指城镇道路清洗、绿化灌溉、公共清洁卫生的用水。该类用水对水质没有特殊要求，水量与道路种类、浇洒及绿化面积、气候条件等有关。

消防用水是一旦发生火灾，用于扑灭火灾的用水。消防用水的水质要求不高，但水量一般较大。消防用水的水压要求不尽相同，高压消防系统要求在用水量达到最大且消防水枪位于建筑物最高处时，水枪充实水柱仍不小于 10m，低压消防系统要求用水量达到最大时最不利消火栓自由水压不小于  $10\text{mH}_2\text{O}$  ( $1\text{mH}_2\text{O}=9806.65\text{Pa}$ )。我国城镇常采用低压消防系

统，灭火时由消防车自室外消防栓或消防水池取水加压。

(二) 城镇给水系统的组成

为了满足城镇各类用户对水质、水量、水压的要求，城镇给水系统应具有水质良好、水量充沛的水源，安全可靠的取水设施，净水处理设施和完善的输配水管网。

城镇给水系统的常用水源有地下水和地表水。因取水水源不同，城镇给水系统可分为以地表水为水源和以地下水为水源的给水系统两类，其各自组成详见图 1-1、图 1-2。

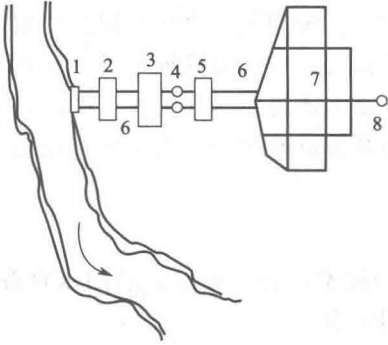


图 1-1 以地表水为水源的城镇给水系统

- 1—取水构筑物；2—取水泵站；3—水处理构筑物；
- 4—清水池；5—送水泵站；6—输配水管网；
- 7—配水管；8—调节构筑物

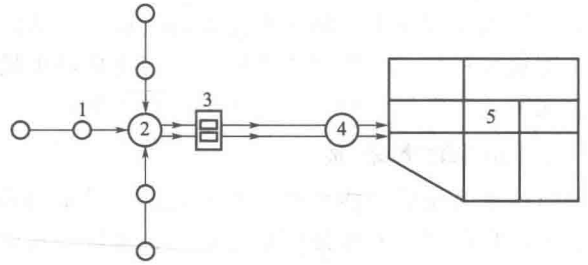


图 1-2 以地下水为水源的城镇给水系统

- 1—管井群；2—集水井；3—泵站；
- 4—水塔；5—管网

城镇给水系统大体可分为以下四部分。

1. 水源

城镇给水系统的水源可分为地下水源和地表水源。地下水源包括上层滞水、潜水、承压水、裂隙水、溶岩水和泉水（图 1-3）等；地表水源包括江河水、湖泊水、蓄水库以及海水等。地下水的来源主要是大气降水和地表水的入渗，渗入水量的多寡与降雨量、降雨强度、

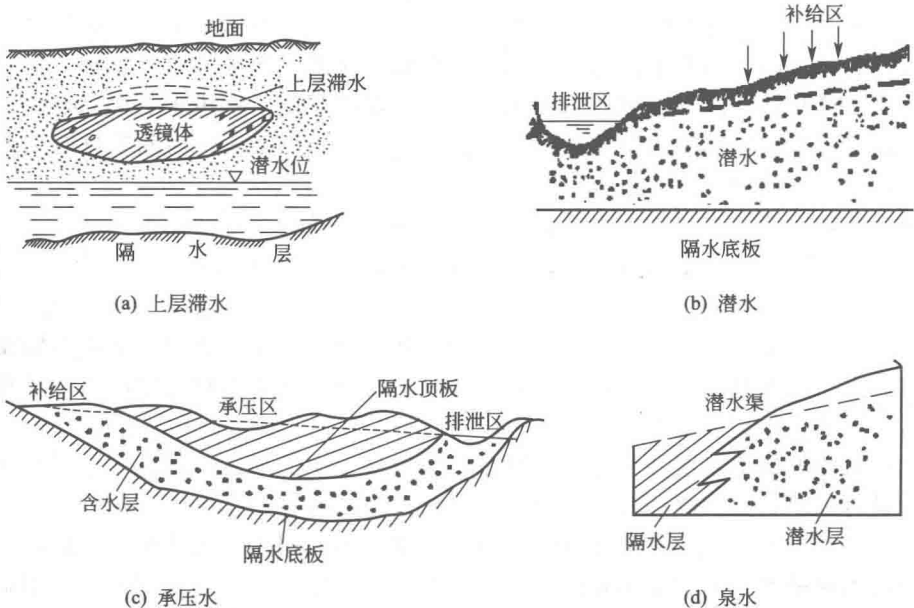


图 1-3 地下水水源

持续时间、地表径流和地层构造有关。地下水有机污染物相对较少，但矿物质含量较高，硬度高。地表水源资源丰富，水量充沛，但地区时空分布不均衡。另据我国最新环境公报显示，全国各大水系污染状况依然堪忧。

城镇给水水源选择是城镇位置选择的重要条件，水源情况是否良好，往往成为决定新建城市建设和发展的重要因素之一。水源选择应进行深入的调查研究，全面搜集与城市水源有关的水文、气象、地形、地质及水文地质资料，进行水资源勘测和水质分析。城镇给水水源应具有足够供给水量，依据《室外给水设计规范》，选择地下水作为城市供水水源时，应保证取水量小于允许开采量，以防止地下水被开采后引起地下水位持续下降、水质恶化及地面沉降；选择地表水作为城市供水水源时，设计枯水流量年保证率应为90%~97%。确定城市水源，应调查研究影响水源水质的因素，分析污染物的来源及处理措施。《生活饮用水卫生标准》、《地表水环境质量标准》、《地下水质量标准》等相关法规规定了城镇给水水源的水质和卫生防护要求。

## 2. 取水构筑物

依据选取的水源不同，取水构筑物可分为地下水取水构筑物和地表水取水构筑物两大类。

(1) 地下水取水构筑物 地下水取水构筑物指从地下含水层收集表层渗透水、潜水、承压水和泉水等地下水的构筑物。按其构造不同可分为管井、大口井、辐射井、渗渠（见图1-4~图1-7）等。取水构筑物形式选择应依据含水层埋藏深度、含水层厚度、水文地质特征及施工条件进行技术经济比选确定。

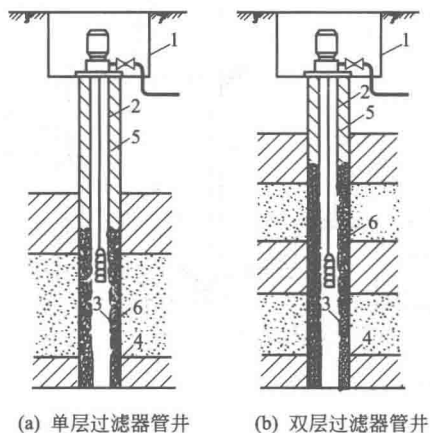


图 1-4 管井结构示意图

1—井室；2—井壁管；3—过滤器；4—沉淀管；  
5—黏土封闭；6—规格填砾

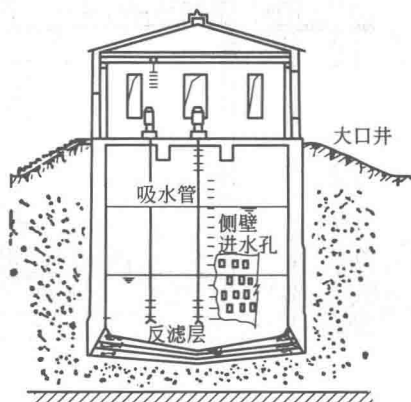


图 1-5 大口井构造示意图

(2) 地表水取水构筑物 地表水取水构筑物是从江河湖海等地表水水源取水的构筑物。依据其是否可移动，可分为固定式取水构筑物和移动式取水构筑物两类。

固定式取水构筑物，可广泛应用于江河湖海取水，其供水安全可靠，维护管理方便。根据构造不同又可分为岸边式（图1-8）、河床式（图1-9）、斗槽式和潜水式。河岸边坡较陡，主流近岸的江河常采用岸边式；而岸坡平缓、深水线远离河岸的江河多采用河床式；含砂量大、冰凌严重的河流可采用斗槽式；潜水式取水构筑物则多用于取水量不大的情况下，直接利用潜水泵自岸边取水。

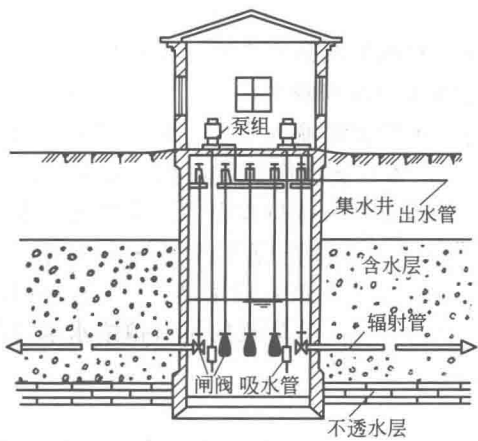
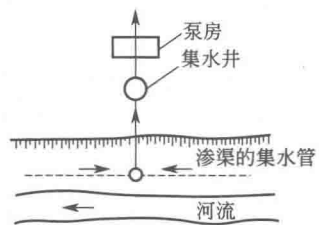
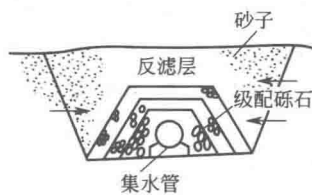


图 1-6 辐射井构造示意图



(a) 平面布置图



(b) 剖面图

图 1-7 渗渠示意图

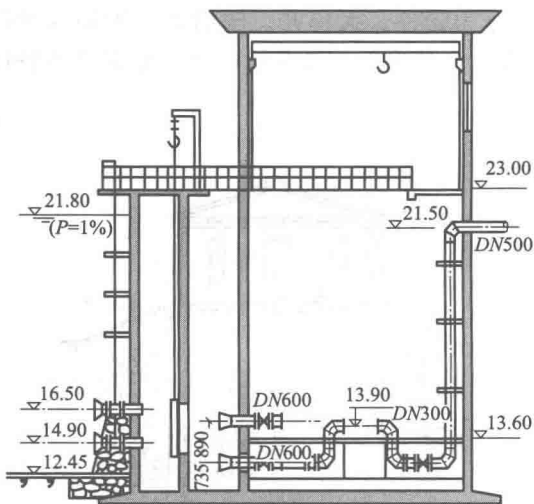


图 1-8 岸边式取水构筑物

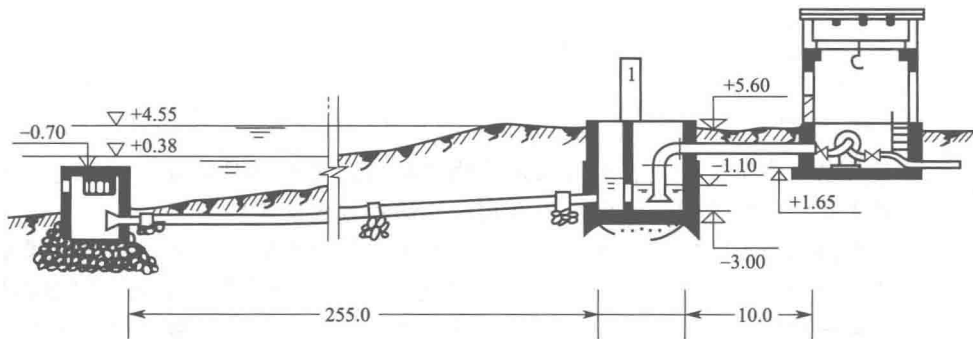
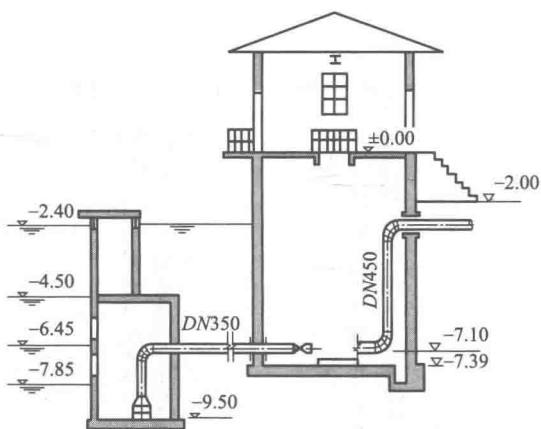


图 1-9 河床式取水构筑物

当河流水位变化较大,为方便构筑物随水位升降,可设置移动式取水构筑物,依据构造可分为浮船式(图 1-10)和缆车式(图 1-11)两种。

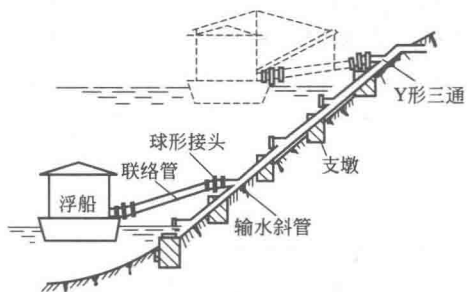


图 1-10 浮船式取水构筑物

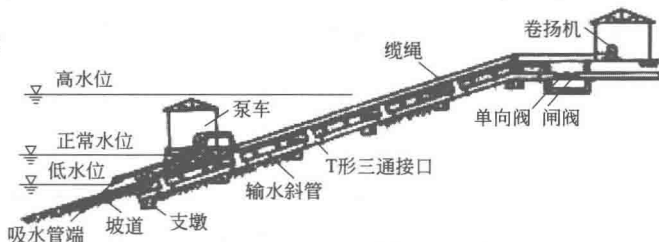


图 1-11 缆车式取水构筑物

### 3. 净水系统

取自任何水源的水,都会不同程度地含有各种各样的杂质。净水系统是采用物理、化学、生物等方法将取水系统送来的水进行净化处理,以满足用户水质需求的一系列设备和构筑物。

因水源水质的差异,净水系统的处理工艺和组成也各不相同。通常依据水源不同,将净水系统分为地下水净水系统和地表水净水系统两大类。

(1) 地下水净水系统 地下水源受其形成、埋藏和补给条件的影响,往往具有水质澄清、水温稳定、矿化度和硬度较高的特点。以地下水为水源时,净水系统的常规处理对象是水中可能存在的病原微生物,因此对水质优良的地下水,净水系统

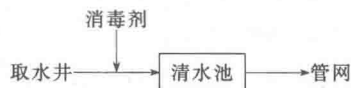


图 1-12 地下水常规处理流程

只需进行消毒处理就可以达到饮用水水质要求,其处理流程如图 1-12 所示。对一些含有特殊有害物质的地下水,如含铁、含锰地下水,净水系统则需进行除铁、除锰等处理。

(2) 地表水净水系统 地表水源受地面各种因素的影响,体现出如浑浊度大、水温变化幅度大、有机物和细菌含量高、矿化度和硬度较低等特点。以地表水为源的城市净水系统,其常规处理的主要去除对象是水中的悬浮物质、胶体物质和病原微生物,所需的技术包括混凝、沉淀、过滤、消毒,图 1-13 给出了典型的以地表水为水源的常规净水工艺流程。



图 1-13 地表水常规处理流程

### 4. 给水管网

给水管网的任务是将水源水送至水处理构筑物,并将净水厂处理达标符合用户需求的水输送、分配给城镇各用水点。对该系统的总体要求是,供给用户所需的水量,保证配水管网足够的水压,保证不间断供水。这一任务是通过输水管渠、配水管网、泵站及水量调节设施(清水池和水塔)等共同工作完成的。

(1) 输水管渠 输水管渠包含浑水渠(管)和清水输水管。浑水渠(管)的任务是将水源水输送到净水厂;清水输水管的任务是将净水厂清水池的成品水输送到配水管网,或者是由管网专线向某大用户输水。输水管渠与配水管网的主要区别在于输水管不沿线供水。输水



管道常用管材有铸铁管、钢管、钢筋混凝土管和塑料管；输水渠多用砖、砂、石、混凝土砌筑，为防止水质污染，输水渠一般仅用于输送水源水。由于输水管一旦发生事故，将对其供水范围内的所有用户产生影响，《室外给水设计规范》要求给水系统的输水干管不宜少于两条，并保证事故水量为设计水量的70%。工程上，长距离输水管一般敷设两条平行管线，同时在平行管线上设置连通管和切换阀门（图1-14），以保证事故用水时水量达到70%设计水量。

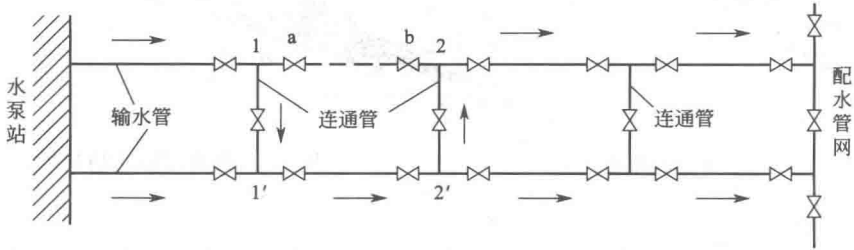


图 1-14 输水管上的连通管和切换阀门

输水管输送的流量一般较大，输送距离较长，与河流、高地、交通路线交叉较多，因而往往施工条件差，工程量巨大。在现代化城市建设和发展中，远距离输水工程越来越普遍，对输水管的规划和设计应给予高度重视。输水管定线与布置中应依据城市规划进行，并尽可能做到线路最短，土石方工程量最小，施工维护方便，少占或不占农田，管线走向沿道路敷设，避免穿越河谷、重要铁路、地质不良地段和易被洪水淹没的地区，线路选择应充分利用地形，优先考虑重力输水。

(2) 配水管网 配水管网是指分布在整个供水区域内的配水管道网络。配水管网负责将来自于输水管末端或储水设施内的水量分配输送到整个供水区域，保证用户就近接管用水。配水管网由主干管、干管、支管、连接管、分配管等构成。配水管网上还需要安装消火栓、阀门（闸阀、排气阀、泄水阀、安全阀等）和检测仪表（压力表、流量计、水质监测仪表）等附属设施，以保证消防供水及生产调度、故障处理、维护管理等需要。

配水干管定线应遵循如下原则：沿供水主要流向方向布置几条平行干管，干管间用连接管连通，干管沿道路敷设并避免敷设于重要道路下方。配水管网的布置形式应依据地形、城市规划、用户分布确定，常采用树状网和环状网两种形式。

树状网如图1-15所示，管网布置呈树状向供水区延伸，管径随所供给用水的减少而逐渐变小。这种布置形式管线总长度较短，构造简单，投资较省。但管网中任何一段管线损坏或检修时，该管线之后管段均要断水，所以供水可靠性差。另外，位于树状网末端的管线用水量较小，水流缓慢，容易发生水质腐败。因此，树状网常用于用水安全性要求不高的小城镇供水，或者是给水管网分期建设时，建设初期先使用树状网，待城镇发展后再连成环状管网。

环状网如图1-16所示，配水管网成环布置，当任一管段损坏时，可以通过阀门控制该区域进行检修操作，其他区域仍能保证正常供水，从而缩小了断水面积，提高了供水安全性。环状管网不存在系统末端水质不佳的隐患，还可以大大减轻水锤作用产生的危害。但环状网的管线比树状网长，建设投资明显高于树状网。按照《室外给水设计规范》，城镇配水管网宜设计成环状，当允许间断供水时，可设计成树状，但应考虑将来连成环状网的可能。