



普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12-5" GUIHUA JIAOCAI

污水处理技术与设备

江 晶 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

014032464

X703-43
04



普通高等教育“十二五”规划教材

污水处理技术与设备

江 晶 编著



北 京
冶金工业出版社
2014



北航

C1720827

X703-43

04

内 容 简 介

污水处理是目前及今后水污染控制和水资源可持续利用的重要工程技术之一。本书简要介绍了污水处理机械设备的分类及特点、国内外水污染治理设备发展现状、水体污染的危害、污水处理方法的分类及水体污染的水质指标；较系统地介绍了物理法污水处理技术与设备、化学法污水处理技术与设备、物化法污水处理技术与设备和生化法污水处理技术与设备等；每章后附有若干思考题。

本书可作为高等学校环境工程类专业的本科生教材或研究生参考书，也可供从事污水处理工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

污水处理技术与设备/江晶编著. —北京:冶金工业出版社,
2014.2

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6482-0

I. ①污… II. ①江… III. ①污水处理—技术—高等学校—
教材 ②污水处理设备—高等学校—教材 IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 016243 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010) 64027926 电子信箱 yjcs@cnmip.com.cn

责任编辑 宋 良 王雪涛 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 卿文春 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6482-0

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2014 年 2 月第 1 版, 2014 年 2 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 13.25 印张; 318 千字; 202 页

35.00 元

冶金工业出版社投稿电话: (010)64027932 投稿邮箱: tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100010) 电话: (010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

水是地球上所有生命赖以生存的基本物质之一，也是人类生活和生产不可缺少的物质。生命就是从水中发展起来的，而且依赖于水才能维持，因此水是人类生存必需的宝贵资源，在一定程度上也是不可再生资源。水污染直接威胁着人类的生存与发展。地球上便于人类取用的淡水只有河水、淡湖水和浅层地下水，其量估计约 20 亿立方米，只占地球总水量的 0.2% 左右，所以淡水是一种极为有限的资源。随着世界各国工农业的高速发展和城市人口的剧增，缺水已成为当今世界许多国家面临的重大问题，引起了各国的高度重视和关注。

随着我国国民经济的高速发展，水污染与发展的矛盾日益突出。水污染不仅对人类生活和健康产生巨大的危害，而且也阻碍了社会经济的发展。因此，保护全球水资源，进行污水处理，已成为人类社会的共识和社会发展的一项重要内容。中国作为一个负责任的发展中大国，把水环境保护定为一项基本国策，并作为各项建设和社会发展必须长期坚持的一项重要指导原则，国家和地方在政策、法规、工程、科技和教育等方面采取了一系列措施，对遏制水环境恶化的趋势发挥了重要作用。

水是人类赖以生存的宝贵资源，即便是进入了信息社会的今天，水资源仍是国民经济的决定因素之一，没有水资源，一切都无从谈起。水污染加剧了水资源的短缺，直接威胁着饮用水的安全和人民群众的健康，影响到工农业生产和农作物安全，并造成巨大的经济损失。水污染已成为不亚于洪灾、旱灾甚至更为严重的灾害。随着城市化和工业化进程的加快，城市污水产生量不断增大，使得水环境污染日益严重，所以加快建设城市污水集中处理设施刻不容缓。

本书共分 5 章。第 1 章介绍了污水处理机械设备的分类及特点、国内外水污染治理设备发展现状、水体污染的危害、污水处理方法的分类及水体污染的

水质指标；第2章详细介绍了污水预处理设备沉砂池、调节池和隔油池的设计与选用，沉淀池的结构、工作原理和设计计算，气浮分离原理及电解气浮设备、布气气浮设备及设计，过滤分离机理、普通快滤池与其他类型滤池的结构与设计计算，离心分离设备的结构与设计计算；第3章阐述了混凝法污水处理工艺中混合、搅拌、反应、澄清等设备的设计，电解法污水处理机理及电解槽的设计计算，氧化还原和消毒设备的结构与臭氧氧化设备的设计计算；第4章系统介绍了吸附的基本理论、吸附设备及其设计，萃取原理、萃取工艺、萃取设备及其选择、塔式萃取设备的设计，离子交换基本理论与工艺、离子交换设备的结构与参数设计，电渗析技术、反渗透技术与超滤技术及其设备，吹脱法的原理与设备，汽提法分离设备，蒸发法基本原理与设备，结晶法基本原理与设备；第5章详细阐述了活性污泥法的工艺、曝气池的设计计算、污泥回流系统及机械设备的设计，生物滤池、生物转盘、生物接触氧化处理装置的构造及其设计计算，厌氧生物滤池、升流式厌氧污泥床反应器等结构及设计计算，污泥处理工艺流程、污泥浓缩设备、污泥脱水机械设备和新型振动脱水机的结构与设计及选用。每章后附有若干思考题，供学生深入理解书本知识。

本书由江晶编著，刘树英教授主审。编写出版工作得到中央高校基本科研业务费（项目编号 N120403001）和沈阳市科技计划项目社会发展科技攻关专项（项目编号 F13-170-9-00）资金的资助、东北大学机械工程和自动化学院及过程装备与环境工程研究所的大力支持，在此一并向他们致以衷心的感谢。

书中的不妥之处，诚请读者指正。

编者

2013年10月

目 录

1 绪论	1
1.1 污水处理机械设备的分类及特点	2
1.1.1 污水处理机械设备的分类	2
1.1.2 污水处理机械设备的特點	3
1.2 国内外水污染治理设备发展现状	3
1.2.1 国内水污染治理设备发展现状	3
1.2.2 国外水污染治理设备发展现状	4
1.3 水体、水体污染和污染物	7
1.3.1 水体的概念	7
1.3.2 水体污染和污染物	7
1.3.3 水体污染的危害	8
1.4 污水处理方法的分类	9
1.5 水体污染的水质指标	9
本章小结	11
思考题	12
2 物理法污水处理技术与设备	13
2.1 概论	13
2.2 污水预处理设备的设计与选用	14
2.2.1 格栅	14
2.2.2 机械格栅除污机	18
2.2.3 沉砂池	22
2.2.4 调节池	25
2.2.5 隔油池	27
2.3 沉淀池的设计与选用	31
2.3.1 沉淀池的类型及适用条件	31
2.3.2 沉淀池的结构与工作原理	32
2.3.3 沉淀池的设计	34
2.4 气浮分离原理及其设备设计	38
2.4.1 气浮及其基本原理	38
2.4.2 电解气浮设备及设计	39
2.4.3 布气气浮设备及设计	41
2.4.4 溶气气浮设备及设计	44

2.5 过滤分离机理及其设备设计	53
2.5.1 过滤分离机理	53
2.5.2 过滤效率的影响因素	53
2.5.3 普通快滤池的结构与设计	54
2.5.4 其他类型滤池的结构与设计	60
2.6 离心分离设备及其设备设计	64
2.6.1 水力旋流器的结构与设计	64
2.6.2 离心机的结构与设计	67
本章小结	69
思考题	70
3 化学法污水处理技术与设备	71
3.1 概论	71
3.2 混凝法污水处理设备的设计	73
3.2.1 混凝剂的投配方法及设备设计	73
3.2.2 混合与搅拌设备	75
3.2.3 反应设备	77
3.2.4 澄清设备	82
3.3 电解法污水处理设备的设计	85
3.3.1 电解法污水处理机理及其影响因素	85
3.3.2 电解槽	86
3.4 氧化还原和消毒设备的设计	89
3.4.1 几种典型的氧化设备	89
3.4.2 臭氧氧化设备的设计计算	94
本章小结	96
思考题	96
4 物化法污水处理技术与设备	98
4.1 吸附设备	98
4.1.1 吸附的内涵与类型	98
4.1.2 吸附的基本理论	99
4.1.3 吸附设备及其设计	103
4.2 萃取原理及其设备设计	107
4.2.1 萃取原理	107
4.2.2 萃取工艺	108
4.2.3 萃取设备及其选择	108
4.2.4 塔式萃取设备的设计	112
4.3 离子交换及其设备设计	113
4.3.1 离子交换基本理论	113
4.3.2 离子交换工艺	114

4.3.3 离子交换设备的结构	114
4.3.4 离子交换设备的参数设计	117
4.4 膜分离技术与设备	119
4.4.1 电渗析技术及其设备	119
4.4.2 反渗透技术及其设备	124
4.4.3 超滤技术及其设备	128
4.5 其他处理技术与设备	133
4.5.1 吹脱法的原理与设备	133
4.5.2 汽提法分离设备	136
4.5.3 蒸发法基本原理与设备	141
4.5.4 结晶法基本原理与设备	143
本章小结	149
思考题	149
5 生化法污水处理技术与设备	151
5.1 活性污泥法污水处理机械设备的设计	151
5.1.1 概述	151
5.1.2 活性污泥法的工艺	152
5.1.3 曝气池的设计计算	154
5.1.4 污泥回流系统及机械设备的设计	160
5.2 生物膜法污水处理机械设备的设计	162
5.2.1 生物滤池及其设计	162
5.2.2 生物转盘及其设计	171
5.2.3 生物接触氧化处理装置及其设计	174
5.3 厌氧法污水处理机械设备的设计	177
5.3.1 厌氧生物滤池及其设计	177
5.3.2 升流式厌氧污泥床反应器及其设计	179
5.3.3 其他厌氧生物处理设备	182
5.4 污泥处理工艺与设备	185
5.4.1 概述	185
5.4.2 污泥处理处置的基本流程	186
5.4.3 污泥浓缩设备及其设计	187
5.4.4 污泥脱水机械设备的设计及选用	192
5.5 污水处理工程中的新型机械设备	194
5.5.1 概述	194
5.5.2 新型振动脱水机的类型	195
5.5.3 多层多路給料振动脱水机	196
本章小结	199
思考题	200
参考文献	201

1 绪 论

[学习指南]

本章主要介绍了污水处理的重要性，污水处理机械设备的分类及特点，国内外水污染治理设备发展现状，水体、水体污染和污染物，污水处理方法的分类，水体污染的水质指标。

水是地球上所有生命赖以生存的基本物质之一，也是人类生活和生产不可缺少的物质。生命就是从水中进化的，而且依赖于水才能维持，因此水是人类生存必需的宝贵资源，在一定程度上也是不可再生资源。水污染直接威胁人类的生存与发展。地球上水的总储量约 14000 亿立方米，其中 97% 以上是海水。在占地球总水量约 3% 的淡水中，77.2% 分布在南北两极地带及高山高原地带，以冰帽或冰川形式存在，22.4% 以地下水和土壤水的形式存在，湖泊、沼泽水占 0.35%，河水占 0.01%，大气中水占 0.04%。其中便于人类取用的淡水只有河水、淡湖水和浅层地下水，其量估计约 20 亿立方米，只占地球总水量的 0.2% 左右，所以淡水是一种极为有限的资源。20 世纪以来，随着世界各国工农业的高速发展和城市人口的剧增，缺水已成为当今世界许多国家面临的重大问题，尤其是城市缺水状况变得越来越严重，引起了各国的高度重视和关注。

随着我国国民经济的高速发展，水污染与发展的矛盾日益突出。水污染不仅对人类生活和健康产生巨大的危害，而且水污染也阻碍了社会经济的发展。因此，保护全球水资源，进行污水处理，已成为人类社会的共识和社会发展的一项重要内容，中国作为一个负责任的发展中大国，把水环境保护定为一项基本国策，并作为各项建设和社会发展事业必须长期坚持的一项重要指导原则。“十五”期间，国家和地方在政策、法规、工程、科技和教育等方面采取了一系列措施，对遏制水环境恶化的趋势发挥了重要作用。国家重大科技专项“水污染控制技术与治理工程”的实施也有力地提升了我国水污染控制与治理的综合科技支撑能力，但水污染控制与治理是一项长期、复杂和艰巨的系统工程，水污染控制与治理的重大关键技术远未得到解决，水污染治理设备产品制造水平偏低，产品质量有待全面提高。

造成我国水体环境污染严重且难以短期解决的原因是多方面的，也是极复杂的，涉及资金投入严重不足、产业结构不合理、管理体制不完善、决策与运行管理不当、监管与绩效管理不到位、关键技术与成套设备缺乏自主发展等方面。要解决现有的水污染问题，在各级政府和企业不断加大水污染控制与治理基本建设投入的同时，必须依靠科技的支撑，建立科学的工作平台，提升自身的能力，通过重大科技攻关与科技创新，研究水体污染控制与治理中的关键技术，开发污水治理的成熟技术进行集成应用，研发出污水处理及再生利用、污泥处理处置等方面高质量的系列机械设备，建立水污染控制与治理技术及设备产

品体系，带动水污染控制与治理行业的技术升级和产业发展，为国家和地方水污染控制与治理规划和重大工程建设提供强有力的技术支撑，对构建和谐社会、实现可持续发展具有重大的战略意义。

1.1 污水处理机械设备的分类及特点

1.1.1 污水处理机械设备的分类

污水处理设备主要包括构筑物、机械设备和电气、自控设备，其中机械设备投资占污水处理设备投资的 65% ~ 70%。污水处理机械设备主要分为通用机械设备和专用机械设备两大类，其中专用机械设备投资占机械设备投资的 60% ~ 65%。专用机械设备通常又分为单元处理机械设备与组合处理机械设备两大类。

(1) 单元处理机械设备。单元处理机械设备分为不溶态污染物分离设备、污染物化学法处理设备、溶解态污染物物化法处理设备和生化法处理设备。不溶态污染物的分离设备有拦污格栅和滤筛、沉砂池、沉淀池、澄清池、过滤池、离心分离机等；污染物的化学法处理设备有化学沉淀槽、中和设备、搅拌设备、加药设备、消毒设备、软化脱盐设备、电解槽等；溶解态污染物的物化法处理设备有吸收塔、离子交换器、萃取塔、蒸发器及各种膜分离装置等；污染物的生化法处理设备有曝气设备、浓缩设备、生物滤池、生物转盘及生物接触氧化池等。

(2) 组合处理机械设备。组合处理机械设备是由两种或两种以上单元处理机械设备组合在一起而构成的，用于处理某种特定污水，具有设备紧凑、功能齐全的特点。例如小型生活污水处理机、医院废水处理装置、游泳池污水处理装置、电镀污水处理机、乳化液污水处理机、一体化中水处理装置等。

污水处理设备的分类，见图 1-1。



图 1-1 污水处理设备的分类

1.1.2 污水处理机械设备的特点

(1) 污水处理设备体系庞大。由于环境污染物形态和种类的多样性,为了适应治理各种污水,污水处理机械设备已形成了庞大的产品体系,拥有几千个品种和几万种型号规格,大多数产品之间结构差异很大,专用性强,标准化难度大,很难形成批量生产的规模。

(2) 污水处理设备与治理工艺之间的配套性强。由于污染源不同,污染物的成分、状态及排放量等都存在较大差异,因此必须结合现场实际数据进行专门的工艺设计,采用最经济合理的工艺方法和选用相应的机械设备,否则难以达到预期的目的,所以设备与治理工艺之间配套性强。

(3) 污水处理设备工作条件差异较大。由于不同污染源的具体情况不同,设备在污染源中的工作条件有较大的差异。多数的机械设备运行条件比较恶劣,这就要求设备应具有良好的工作稳定性和可靠的控制系统。有些机械设备长期在高温、强腐蚀、重磨损、大载荷条件下运行,这就要求设备应具有耐高温、耐腐蚀、抗老化、抗磨损和高强度等技术性能。

(4) 某些环保设备具有兼用性。有些污泥污水处理设备与其他行业的机械设备机构类似,具有相互兼用性,即污泥污水处理设备可用于其他行业,其他行业的有关机械设备也可用于污泥污水的治理。这类设备称为通用设备,如矿山、石油、轻工、化工等行业中用的浓缩机、水力旋流器、转鼓离心机、磁选机、压滤机、真空过滤机、蒸发塔、各种形式的塔罐、筛分机和分选机等,都可以与污泥污水处理设备中的同类设备兼用。

1.2 国内外水污染治理设备发展现状

1.2.1 国内水污染治理设备发展现状

目前我国水的供需矛盾尖锐,水资源利用效率低下且城市污水处理率不足30%。今后5年,我国将投资10000亿元,用于城市供水、节水与水污染防治等基础设施建设。所有的城市必须建设污水处理设施,城市污水处理率将达到45%,重点发展日处理能力20万吨以上城市污水处理技术和成套设备。其中,中央和地方政府大约投入2000~3000亿元,其余资金需要通过外资、贷款、市场融资等方式筹集解决,这为我国从事污水处理设施建设和运营的企业提供了更好的发展前景和广阔的市场空间。

根据我国“十一五”环境建设的重点内容,水污染防治设备发展重点是城市污水处理设备和工业废水处理设备的开发制造。以日处理20万吨城市污水处理设备为市场的主导产品,在格栅、曝气、刮泥吸泥、污泥提升及脱水、污泥沼气发电等设备制造上达到国外2000年初水平,重点解决成套性、防腐性能、仪表自控系统、节能指标、钢耗等方面存在的不足,同时要发展居民小区的污水处理设备、氧化沟和氧化塘处理清污机械、强化曝气设备、污泥处理设备。发展多功能组合水处理设备、高浓度有机废水处理设备、冶金废水处理设备、废水深度处理净化消毒设备、中水处理利用成套设备、含油废水处理设备、微滤净化处理设备等的研发制造。

当前国内外研制的氧化沟曝气设备,除转刷曝气机、盘式曝气机外,还有垂直轴表面曝气叶轮、反吸螺旋曝气机、导管式曝气机等。近年来我国污水处理厂引进了大量的曝气设备,进行消化吸收,由此兴起的我国污水处理设备产业,将会超越一个发展时代,迅速接近或达到国际先进水平。如中国宜兴市华都绿色工程集团和德国琥珀公司合资组建宜兴华都琥珀环保机械有限公司,专业从事生产组装和销售 RO 系列固液分离机(细格栅)、阶梯格栅、砂水分离器以及 ROS 浓缩、脱水机等新型设备,产品具有结构新颖、技术先进、节能高效、运行费用低等特点,在我国城市污水处理工程中广泛采用,得到用户的好评。我国目前使用的氧化沟曝气设备性能如表 1-1 所示。

表 1-1 氧化沟曝气设备性能

型号或类型	研制单位或生产厂家	直径/mm	转速/ $r \cdot \min^{-1}$	浸深/m	充氧能力/ $kg \cdot (m \cdot h)^{-1}$	动力效率/ $kg \cdot (kW \cdot h)^{-1}$	转刷长度/m	氧化沟设计水层/m
Akva Rotormidi	丹麦克虏伯公司	860	78	0.12~0.28	3.0~7.0	1.6~1.9	2.0, 3.0, 4.0	1.0~3.5
Mammutororen	德国帕萨温特	700	85	0.24	3.75	2.20	1.0, 1.5, 2.5, 3.0	—
		1000	72	0.30	8.3	1.98	3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0	2.0~4.0
叶片式转刷	日本	1000	60	0.17	3.75	2.7	—	2.9
TNO 转刷	英国	500~700	—	0.75~0.20	1.2~3.7	—	—	—
Mammoth 转刷	英国	970~1070	—	0.10~0.32	2.0~9.0	—	—	3.0~3.6
转刷	德国陶瓷化学公司	500	70	0.04~0.16	0.4~1.9	2.5~2.7	—	—
Drbal Disc	美国艾威历斯	1378	43~55	0.533	0.567~1.13	1.85~2.14	—	—
转刷	中国中南市政院	750	77	0.104~0.164	1.15~1.67	0.52~0.76	3.0	2.0
YHG-1000 型转刷	中国清华大学环工系	1000	70	0.25~0.30	6.0~5.0	2.5~3.0	4.5, 6.0, 7.5, 9.0	3.0~3.5
YHG-700 型转刷	中国清华大学环工系	700	70	0.20	4.10	2.95	1.5, 2.5	2.0~2.5
HAR-700 型转刷	中国清华大学环工系	700	70	0.20	4.10	2.5	—	—
转盘	中国重庆建工学院	1200	55	0.40	0.34	105	—	—

1.2.2 国外水污染治理设备发展现状

在水污染治理设备方面,近 20 年发展起来的设备简单、操作方便、快速节能、可回收有用物质、经济效益突出的膜分离技术,已由实验研究走向实际运用,其中,反渗透和超滤用于 BOD、COD 成分高的废水处理设备,已由美、日、英、法、德等国的各大公司向市场提供。美国目前大约有 10 个反渗透和超滤系统在核工厂运行,超滤比反渗透更节省能源。日本大王造纸公司已建成世界上最大的超滤废水处理装置,反渗透和超滤用于放射性废水的处理效果很好。高梯度磁分离技术也已从实验室走向了实际应用。生物工程技

术用于废水处理领域，主要有固定有机物分解菌、硝化菌、脱气菌等高浓度生物反应器的研究。电技术在废水处理中有很大发展，包括等离子电弧和红外加热在内的热技术也相当快地发展起来；以电解、电渗析为主的电化学方法广泛得到应用；冷冻凝缩和超临界流体氧化法的初步探索，把废水处理技术推到了多种技术全面发展的阶段，使不同水种的处理可寻求到更为理想的处理设备。

水污染处理设备较其他环保设备发展历史长，发达国家也较早地实现了普及化，城市污水和工业废水处理设备已实现标准化、定型化、系列化和成套化，已构成门类齐全商品化程度高的水处理设备工业。水处理的单元设备，如沉淀、过滤、脱水、萃取、吸附、微滤、电渗析等已形成专业化规模生产，品种规格质量相对稳定，性能参数可靠，十分方便于用户的选择采用。城市污水成套设备向大型化发展，工业废水处理设备随着治理工艺的成熟定型而趋于专门化、成套化。与水处理相配套的风机、水泵、阀门等通用设备已逐步实现专门化设计，并组织生产，以满足特殊需要，如根据水中溶解氧浓度调节风机叶片角度，实现调整风量范围45%~100%的离心风机；具有反馈可调、实施污物粉碎自洁功能的水泵等。污水的回用、水体富营养化的严重和饮用水的安全必将导致废水深度处理装备和消毒设备的发展。厌氧处理技术重新引起重视，促进了厌氧处理设备在高浓度有机废水处理上的应用，上流式厌氧污泥床、厌氧流化床等设备在水处理工程方面发挥了作用。生物工程推动了一批新型水处理设备的开发应用。生物催化剂、生物添加剂及优势菌种的引入，使生物固定床处理难以降解的非天然污染物成为可能。

进入20世纪90年代以来，发达国家将水污染防治重点放在清洁生产技术的推广、工业用水的生物回收、降低水净化的能耗比、实现水的资源化和无害化上，全面推动了水污染防治设备、水污染监测仪器和自控网络系统的发展，如英国SAM公司生产的SAH系列曝气设备（见表1-2）是氧化沟污水处理系统中最主要的机械设备，是影响氧化沟处理效率、能耗及运行稳定性的关键设备之一。丹麦克虏伯公司的曝气产品在全球范围内具有极大的权威性。日本Kuri TA公司生产的PA型带式压榨过滤机污泥处理设备（见表1-3），柴山工业株式会社生产的PF型筒式脱水设备（见表1-4），日本栗田工业株式会社生产的RO型系列反渗透设备，主要用于海水淡化和废液脱盐的处理，日本金田理化工业所生产的SEPACLOSE分离装置，是典型的反渗透浓缩装置，用于电镀排水处理、海水的淡化和有关医疗与食品等方面。英国埃德集团生产的重金属回收设备、海水淡化设备、消毒设备等，都在污水处理过程中发挥着重要作用。瑞典是北欧四国中环保设备发展最好的国家，其主要产品有自洁式滤网、脱水输送带式压滤机以及用于工程的污水处理小型设备，已经在欧洲和美国销售了500套。污水处理设备在德国的环保设备市场已经度过了高峰时期，但每年仍有大约5亿德国马克的销售量。

表 1-2 英国 SAH 系列曝气设备参数

电动机功率 /kW	氧转移量 /kg·(kW·h) ⁻¹	安装水深 /mm	设备外形尺寸/mm				质量/kg
			A	B	C	D	
6	8~9	1200~2300	1220	395	280	1905	322
5.5	9~10	1400~2600	1220	1395	280	1905	367
7.5	12~13	1700~2900	1370	1780	330	2160	526

续表 1-2

电动机功率 /kW	氧转移量 /kg · (kW · h) ⁻¹	安装水深 /mm	设备外形尺寸/mm				质量/kg
			A	B	C	D	
11	17 ~ 20	1800 ~ 3000	1370	1780	330	2160	549
15	24 ~ 27	1900 ~ 3300	1370	1880	330	2160	572
18.5	29 ~ 33	2100 ~ 3600	1395	1930	405	2310	685
22	35 ~ 40	2300 ~ 3800	1475	1980	405	2310	844
30	47 ~ 54	2400 ~ 4000	1625	2085	405	2440	980
37	58 ~ 67	2600 ~ 4300	1830	2310	405	2440	1116
45	71 ~ 82	2700 ~ 4600	1880	2600	510	2555	1773
55	87 ~ 100	2900 ~ 4800	1955	2770	510	2555	1832
75	118 ~ 136	3200 ~ 5200	2000	2870	510	3810	2272

表 1-3 日本 PA 型带式压榨过滤机的技术指标

型 号		PA-750	PA-1250	PA-1750	PA-2000	PA-2250	PA-2750	PA-3250
滤布宽度/mm		750	1250	1750	2000	2250	2750	3250
外形尺寸	宽/mm	1110	1610	2110	2360	2610	3110	3610
	长/mm	4000						
	高/mm	1520						
质量/t		3.0	4.5	5.5	6.0	6.5	9.5	11.0
滤布驱动电动机功率/kW		0.75	0.75	1.5	1.5	1.5	2.2	2.2

表 1-4 日本 PF 型筒式脱水设备技术参数

型号	脱水筒数	过滤室容积 /L	滤饼厚×过滤 面积/mm×m ²	处理能力 /L · (2 ~ 4h) ⁻¹	本体尺寸 (宽×全长×高) /mm	设备质量 /kg
PF-1	1	40	46×1.56	40	700×1540×1775	600
PF-2	2	80	46×3.12	80	700×2060×1775	800
PF-3	3	120	46×4.68	120	700×2580×1775	1000
PF-4	4	160	46×6.24	160	700×3100×1775	1200
PF-5	5	200	46×7.80	200	700×3620×1775	1400
PF-6	6	240	46×9.36	240	700×4140×1775	1600
PF-M1	1	18	36×0.86	18	480×1230×1865	240
PF-M2	2	36	36×1.72	36	480×1230×1865	340
PF-M3	3	54	36×2.58	54	480×1525×1865	440
PF-M4	4	72	36×3.44	72	480×1950×1865	540
PF-D1	1	40	46×1.56	40	700×1660×1775	470
PF-D2	2	80	46×3.12	80	700×2180×1775	670
PF-D3	3	120	46×4.68	120	700×2700×1775	870
PF-W3	3	120	46×4.68	120	700×2700×1775	970

续表 1-4

型号	脱水筒数	过滤室容积 /L	滤饼厚×过滤 面积/mm×m ²	处理能力 /L·(2~4h) ⁻¹	本体尺寸 (宽×全长×高)/mm	设备质量 /kg
PF-W4	4	160	46×6.24	160	700×3220×1775	1160
PF-L1	1	40	46×1.56	40	700×1835×1775	560
PF-L2	2	80	46×3.12	80	700×2355×1775	760
PF-L3	3	120	46×4.68	120	700×2875×1775	960
PF-L4	4	160	46×6.24	160	700×3395×1775	1160
PF-L5	5	200	46×7.80	200	700×3915×1775	1360
PF-L6	6	240	46×9.36	240	700×4435×1775	1560

1.3 水体、水体污染和污染物

1.3.1 水体的概念

水是自然界环境中最重要的物质之一，是动植物体内的重要成分。没有水，自然界的一切生物都不存在，也就不会有人类，地球将会变得荒芜、寂寞。水不仅是人们日常生活中不可缺少的生活资料，也是工农业生产所必需的物质条件，而且水在不断地摩擦和塑造着地球表面的形态，流动的水开创和推动土地形成景观和地貌等。水是形成土壤的关键因素，在岩石的物理风化中也起着重要的作用。

在环境学中，水体包括水体本身和其中的悬浮物、肢解物、肢体物、水生生物和地泥等完整的生态系统。广义的水体有“类型”和“区域”之分。按类型可将水体分为海洋水体和陆地水体两种，后者又分地表水体和地下水体。地表水体包括江河水、湖泊水、海水、水库水和水塘水等。地下水包括浅层水、深层水、泉水和降水。浅层水深度一般在几十米内，受降雨影响大，是农村主要水源，经表面渗滤水质较好；深层水一般不受污染，水质好，污染少，但盐类和矿物质较多，硬度大；泉水由地层断裂处自行涌出，水质好可饮用；降水指得是雨、雪、雾和冰雹等。水体区域则是指某条水系所覆盖的地段。

由于水体具有广泛的生态系统的含义，区分“水”和“水体”的概念是非常重要的。

1.3.2 水体污染和污染物

自然界的水受到各种复杂因素的影响而被污染，如天然植物在腐烂过程中产生的某种毒物；降雨淋洗大气和地面后挟带各种物质流入水体；海水倒灌使河水的矿化度增大，尤其使氯离子大量增加；深层地下水沿地表裂缝上升，使地下水中某种矿物质含量增高等。除自然污染外，更主要的污染是人为污染。人为污染是人类生活和生产中所产生的污水对水的污染，它包括生活污水、工业污水、交通运输、农田排水和矿山排水等。

向水体排放污染物的场所、设备、装置和污染物进入水体的途径称为污染源。水体污染源的分类方法有多种。按造成水体污染的原因可分为自然污染源和人为污染源两类；按释放的有害物种类分为物理性污染源、化学性污染源、生物性污染源；按分布的特征分为

点污染源、面污染源和扩散污染源；按受污染的水体分为地面水污染源、地下水污染源和海洋污染源。表 1-5 列出水体中主要污染物的种类和来源。

表 1-5 水体中主要污染物的种类和来源

种类	名 称		主 要 来 源
物理性污染源	热		热电站、核电站、冶金和石油化工等工厂的排水
	放射性物质（如铀及其裂变、衰变产物）		核生产废物、核试验沉降物、核医疗和核研究单位的排水
化学性污染源	无机物	铬	铬矿冶炼、镀铬、颜料等工厂的排水
		汞	汞的开采和冶炼、仪表、水银法电解以及化工等工厂的排水
		铅	冶金、铅蓄电池、颜料等工厂的排水
		镉	冶金、电镀和化工等工厂的排水
		砷	含砷矿石处理、制药、农药和化肥等工厂的排水
		氰化物	电镀、冶金、煤气洗涤、塑料、化学纤维等工厂的排水
		氮和磷	农田排水；生活污水；化肥、制革、食品、毛纺等工厂的排水
		酸、碱和盐	矿山排水；石油化工、化肥造纸、酸洗和给水厂等工厂的排水；酸雨
	有机物	酚类化合物	炼油、焦化、煤气、树脂等工厂的排水
		苯类化合物	石油化工、焦化、农药、塑料、燃料等化工厂的排水
		油类	采油、炼油、船舶以及机械、化工等工厂的排水、突发性漏油等
生物性污染源	病原体	生活污水；医院污水、屠宰、畜牧、制革、生物制品等工厂的排水；灌溉和雨水造成的径流	
	霉素	制药、酿造、制革等工厂的排水	

1.3.3 水体污染的危害

水资源关系着国计民生，水污染不仅影响人体健康，而且也会给工农业生产造成巨大的经济损失，因此水体污染严重地影响着国计民生。

(1) 危害人体健康。被污染的水体通过两条途径危害人体健康。一是污染物直接从饮用水中进入人体，形成对人体的危害；二是间接通过食物链在食物中富集，转入人体中，形成对人体的危害。如人们长期食用受污染的食物，日复一日，年复一年，在人体内累积形成危害。

(2) 影响工农业生产。水是动植物体内的重要成分，没有水自然界的一切生物都不会存在。农民种庄稼也离不开水，若引用污水浇灌农作物、蔬菜，有害物质会在粮食、蔬菜中富集；渔民用被污染的水养鱼养虾等水产品，有害物也会在水产品中富集，这就造成食物链的中毒，严重影响农业和水产业的生产。工业生产更是需要大量的水，如果使用了被污染的水，会造成产品质量下降。如造纸厂用水不当，白纸上会出现各种颜色的斑点，使产品的质量大大降低，造纸废水需要设备处理后才能排出，因此增加了处理经费，直接影响产品成本，甚至有可能损坏机械设备，造成停工停产。

(3) 危害水生生态系统。污染物进入水体后，改变了原有水生生态系统的结构和组成，不适应新环境的水生生物会大量死亡，如海洋石油钻井泄漏和油轮突发事故漏油，污染了海水，造成大批的水生生物死亡，渔场外迁。海洋污染造成的海水浑浊严重影响海洋

植物的光合作用,从而影响水体的生产力,进而危害鱼类;重金属和有毒有机化合物等,在海域中积累并通过海洋生物的富集作用,对以此为食的其他动物乃至人类造成毒害;石油污染在海洋表面形成广大的油膜,阻止空气中的氧气向海水中溶解,而且石油分解时还会消耗水中的溶解氧,造成海水缺氧,危害海洋生物;有机物污染会使海水富营养化,使海藻异常繁殖,赤潮泛滥,破坏生态平衡。如中海油蓬莱 19-3 油田溢油事故发生后,已经造成周边 3400 平方千米海域由第一类水质下降为第三、四类水质。

1.4 污水处理方法的分类

污水处理的主要任务就是用各种方法将生活污水和生产废水中所含的污染物分离出来,或将其转化为无害的物质,从而使污水得以净化。按其作用原理可将污水处理方法分为不溶态污染物的分离技术(简称物理法)、污染物的化学转换技术(简称化学法)、溶解态污染物的物理化学转换技术(简称物化法)、污染物的生物化学转换技术(简称生化法)4 大类。而按照处理程度的不同,现代污水处理技术可分为一级处理、二级处理和三级处理。

(1) 一级处理,一级处理又称物理处理或机械处理。一级处理就是去除污水中的漂浮物或部分悬浮状态的污染物,调节 pH 值、减轻污水的腐化程度和后续处理工艺的负荷。常用的方法有筛滤法、重力沉降法、浮力上浮法、预曝气法等。污水经一级处理后,能去除悬浮固体(suspended solid,简称 SS)约 50%~60%、BOD₅(biochemical oxygen demand,简称 BOD,5 表示 5d)约 20%~30%。污水经过一级处理还不能达到排放标准。

(2) 二级处理,二级处理又称生化处理。一级处理是二级处理的预处理。二级处理能大幅度地去除污水中呈胶体和溶解状态的有机污染物,BOD 处理可达 90%以上,BOD 降低至 20~30mg/L,污水得到净化,达到国家规定的排放标准。

(3) 三级处理,三级处理又称深度处理。三级处理是为进一步去除二级处理未能去除的污染物,其中包括微生物以及未能降解的有机物或磷、氮等可溶性无机物。完善的三级处理由除磷、脱氮、去除有机物、病毒和病原菌、细小悬浮物等单元过程组成。根据三级处理出水的具体去向,其处理流程和组成单元可以不同。

1.5 水体污染的水质指标

通常用水质指标来表征水体受污染的程度。水质是指水与其所含杂质共同表现出来的物理学、化学和生物学的综合特性。污水种类多种多样,其中所含的污染物质也千差万别,从防治污染和进行污水处理的角度上来看,反映水质的主要参数有 pH 值、悬浮物、有机物、化学需氧量、生化需氧量、细菌数和有害物质等。下面对这些主要水质指标进行简要介绍。

(1) pH 值。pH 值是污染指标之一,它表示污水的酸碱状态。生活用水一般呈弱碱性,其 pH 值约在 7.2~7.6 之间。工业废水的 pH 值变化极大,其 pH 值对排水管道腐蚀性很大,特别是强酸性工业废水对混凝土材料也有腐蚀作用,应充分掌握其变化规律。pH 值对水生生物及细菌的生长与活动均有直接影响,从而会影响到污水的生物处理和水