



普通高等教育“十三五”规划教材

SHUIWURAN KONGZHI GONGCHENG

水污染控制工程

主 编 曾永刚 刘艳君 李 博



电子科技大学出版社

University of Electronic Science and Technology of China Press



普通高等教育“十三五”规划教材

水污染控制工程

水竹木柱的工法

主 编 曾永刚 刘艳君 李 博

电子工业出版社

University of Electronic Science and Technology of China Press



电子科技大学出版社

University of Electronic Science and Technology of China Press

图书在版编目(CIP)数据

水污染控制工程/曾永刚,刘艳君,李博主编.

—成都:电子科技大学出版社,2018.4

ISBN 978-7-5647-5903-2

I. ①水… II. ①曾… ②刘… ③李… III. ①水污染—污染控制 IV. ①X520.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 050958 号

水污染控制工程

曾永刚 刘艳君 李 博 主编

出 版:电子科技大学出版社(成都市一环路东一段159号电子信息产业大厦 邮编:610051)

策划编辑:万晓桐

责任编辑:万晓桐

主 页:www.uestcp.com.cn

电子邮箱:uestcp@uestcp.com.cn

经 销:全国新华书店

印 刷:北京佳顺印务有限公司

成品尺寸:185mm×260mm 印张 15 字数 384 千字

版 次:2018 年 4 月第一版

印 次:2018 年 4 月第一次印刷

书 号:ISBN 978-7-5647-5903-2

定 价:49.90 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话:028-83202463;本社邮购电话:028-83201495。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

前言



目前全球经济不断增长,同时全球性问题和全球性环境问题相继出现,使人类生存和发展受到巨大的挑战。水环境污染和水资源短缺是现在和未来很长一段时间全球必须面对的环境问题之一,而快速发展的水污染控制工程将成为解决水环境污染和水资源短缺这一难题的唯一途径。

近几十年来,水污染控制工程无论在理论研究上还是在工程应用上,都取得了长足的发展,新理论、新技术、新工艺、新设备、新材料大量涌现,如 A/O 工艺、A²/O 工艺、SBR 工艺等好氧生物处理工艺,厌氧接触氧化、厌氧生物滤池、厌氧膨胀床、UASB 等厌氧生物处理技术,湿式空气氧化、催化湿式氧化、光化学氧化、光化学催化氧化等高级氧化技术,二氧化氯消毒、臭氧消毒、过氧化氢消毒和紫外(UV)辐射消毒等消毒技术,多种新型填料和膜技术推广,生物聚磷—释磷以及高效生物菌的筛选、培养和固定化,交替式厌氧—好氧生物处理、悬浮生长与附着生长复合生物处理,中水回用与污(废)水资源化等。与此同时,计算机在水污染控制工程中的应用得到迅速发展,水质模型研究及其在污水处理厂设计中的应用逐渐得到推广,并使污水处理厂的运行管理更加科学和高效,技术经济性更加合理。水污染控制工程理论研究和工程实践应用的进步为水污染的治理、水生态环境的恢复和水资源的保护起到了巨大的作用。

不应回避,当前世界各国均面临水环境污染和水资源短缺的严重现实。如何在短时期内有效控制水环境污染,保护日益短缺的水资源,成为每一位环境保护工作者肩负的重大使命之一。编写这本教材,旨在使从事环境学科的青年学子全面了解水环境污染现状与危害,系统学习和掌握水环境污染控制工程的基本理论和工程技术知识,以期未来的水环境污染治理、水生态环境恢复和水资源保护起到积极的作用。

本书由曾永刚(成都大学)、刘艳君(黑龙江省地质博物馆)、李博(南昌工程学院)主编。其中曾永刚编写第一至第三章节,刘艳君编写第四至第六章节,李博编写第七至第九章节。

由于编写者水平所限,本书难免会出现一些疏漏和不当之处,敬请读者批评指正。

目 录



第一章 > 绪论

第一节 水资源与水循环	1
第二节 水污染	2
第三节 水污染控制	3

第二章 > 物理处理法

第一节 格 栅	10
第二节 污水的均化	13
第三节 过 滤	17
第四节 重力分离理论	21
第五节 沉砂池	23
第六节 沉淀池	28
第七节 离心分离法	39

第三章 > 化学处理法

第一节 中和法	44
第二节 化学混凝法	47
第三节 化学沉淀	56
第四节 氧化还原	66

第四章 > 物化处理法

第一节 吸附法	71
第二节 离子交换法	80
第三节 气浮法	86

第五章 > 污水生物处理基础

第一节 概述	97
第二节 微生物的新陈代谢	99

第三节	污水的生物处理	101
第四节	微生物生长的影响因素与生长规律	103
第五节	反应速率和微生物生长动力学	107
第六节	污水可生化性的评价方法	112

第六章 > 活性污泥法

第一节	活性污泥法的基本概念	115
第二节	活性污泥法的发展	121
第三节	去除有机污染物的活性污泥法过程设计	140
第四节	脱氮、除磷活性污泥法工艺及其设计	146

第七章 > 生物膜法

第一节	概 述	158
第二节	生物滤池	166
第三节	生物转盘法	179
第四节	生物接触氧化法	183
第五节	曝气生物滤池	187

第八章 > 厌氧生物处理法

第一节	污水厌氧生物处理的基本原理	193
第二节	污水的厌氧生物处理技术	199
第三节	厌氧生物处理法的设计计算	214

第九章 > 污水自然处理

第一节	稳定塘	217
第二节	土地处理系统	224

参考文献 >

232

第一章

绪论

第一节 水资源与水循环

一、水资源

水是人类生存和社会发展必不可少的物质,是地球上最宝贵的一种自然资源。地球上水的总量为 $14.5 \times 10^8 \text{ km}^3$,其中淡水只占 2.5%,且主要分布在南北两极的冰雪中。目前,人类可以直接利用的只有地下水、湖泊淡水和河流水,三者总共约占地球总水量的 0.77%,除去不能开采的深层地下水,人类实际能利用的水占地球总水量的 0.26% 左右。

我国水资源总量 $2.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$,人均 2173 m^3 ,仅为世界人均水平的 1/4。其特点是水资源不足、用水浪费、水污染严重,资源型缺水、工程型缺水 and 水质型缺水并存。并且我国水资源空间分布不平衡,总体上“南多北少”,长江以北水系流域面积占全国国土面积的 64%,而水资源量仅占 19%。目前全国 600 多个城市中,400 多个缺水,其中 100 多个严重缺水,北京、天津等大城市最为严峻。

二、水循环

地球上的水始终处于循环运动之中,有自然循环和社会循环两种类型。

1. 自然循环

地球表面上的水在太阳辐射下,受热蒸发为水蒸气,水蒸气升至空中形成云,并被气流输送至各地,在适当条件下凝结而形成降水,降落在陆地上的雨雪转化为地表径流和地下径流,最后又回归海洋。因此自然界的水通过蒸发、输送、降水、渗透等环节不停地流动和转化,从海洋到天空高陆地,最后又回到海洋,这种循环就构成了水的自然循环,见图 1-1。全世界自然水文循环总量 $57.9 \times 10^4 \text{ km}^3/\text{a}$,地表、地下径流总量 $4.7 \times 10^4 \text{ km}^3/\text{a}$ 。

2. 社会循环

人类以各种自然水体为水源用于生活和生产,使用后的水就变成了污染过的水,简称为废水或污水,被排出的污水最后又流入自然水体,这样在人类社会中构成的局部循环系统称

为水的社会循环,见图 1-2。

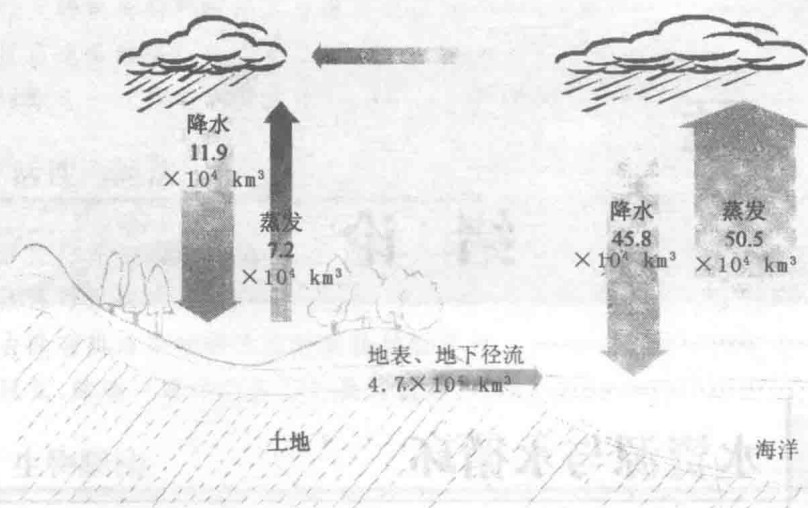


图 1-1 水的自然循环

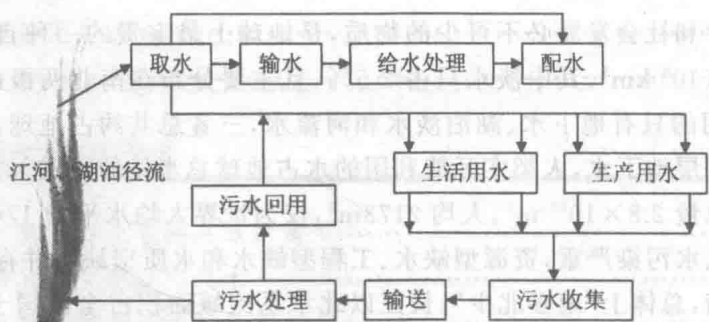


图 1-2 水的社会循环

在水的社会循环中,显示出人与自然在水量 and 水质方面存在的巨大矛盾,集中表现在废水的排放对水体、土壤、大气等的污染,即废水污染。

第二节 水污染

一、水体污染

水体污染是指污染物进入河流、湖泊、海洋或地下水等水体,使水体的水质和沉积物的



物理性质、化学性质或生物群落组成发生变化,从而降低了水体的使用价值和使用功能的现象。污染物进入水体的主要途径为人口集中区域的生活污水排放,工业生产过程中产生的废水排放,使用农药或化肥的农田排水,大气中的污染物随降水进入地表水体,固体废弃物堆放场地因雨水冲刷、渗漏或抛入水体等所造成的污染,其中废水排放是造成水污染的主要原因。

废水的分类有多种方法,根据废水的来源分为生活污水和工业废水两大类,又将城镇生活污水、工业废水和雨水的混合废水称为城市污水,它是城市通过下水管道收集到的所有排水;按照污染物的化学类别,分为无机废水和有机废水;也可以根据毒物的种类分类,以表明主要毒物;还可以按照工业行业或生产工艺名称来分类。

二、水体污染物

水体污染物种类繁多,可以用不同的方法、标准或从不同的角度进行分类。从环境工程的角度,水体污染物可以分为固体污染物、需氧污染物、有毒污染物、营养性污染物、生物污染物、酸碱污染物、感官污染物、油类污染物和热污染等。

三、水体污染的危害

水体污染造成的危害极大,包括对人类健康、公共事业、工业生产、农业生产、生态系统、水资源、旅游资源等诸多方面。对人类的危害主要表现在以下3个方面。

(1)对人类健康的危害。水体污染对人类健康的危害最严重,特别是重金属、有毒有害有机污染物和病原微生物等。目前,已知疾病中约80%与水污染有关,一方面许多疾病通过水体媒介传播;另一方面,许多化学药品、重金属污染人类饮用水水源,引发人们癌症、心血管病等多种疾病。

(2)对工业农业生产的危害。电子工业、食品工业等行业对水质的要求比较高,水中污染物会影响产品质量;此外,废水中的有毒有害物质,不仅污染土壤,恶化土质,而且会造成农作物、森林等受损或死亡。

(3)对生态系统的危害。水体污染会严重干扰自然界的生态系统,水中的有害有毒有机物、重金属、石油、农药等会使水生生物(如鱼类等)大量死亡;水中的环境激素(又称为内分泌干扰物)对水生动物的生殖系统产生影响,会造成有些物种灭绝,又因其迁移转化和生物富集等对人类产生潜在危害。

第三节 水污染控制

一、污水水质与水质指标

水质是指水和其中所含的杂质共同表现出来的综合特性,包括化学、物理、生物学性质3

个方面。污水水质的好坏常用水质指标来衡量,与污水的物理、化学、生物学性质相对应,水质指标也可分为物理性、化学性和生物性水质指标3类。

(1)物理性水质指标。污水的物理性质可以用物理性水质指标衡量。物理性水质指标主要有温度、色度、浊度、透明度、臭与味、固体含量和电导率等,其中温度、色度、浊度、透明度、臭与味称为感官物理性水质指标;总固体量(TS)是指污水在 $103^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ 蒸发后余下的所有残余物的总量,包括悬浮物(SS)和溶解性固体(DS)。根据测定的电导率可以得知水中溶解性盐类的多少。

(2)化学性水质指标。污水中常含有需氧有机物、植物营养素、重金属、无机非金属化合物和有害有毒有机污染物等化学物质,其种类及含量的多少可用化学性水质指标来表征。这类指标主要包括:生化需氧量(BOD)、化学需氧量(COD)、总需氧量(TOD)和总有机碳(TOC)等表示有机物的综合性指标;氨氮、凯氏氮、亚硝酸盐、硝酸盐、总氮和总磷等表示植物营养素的指标;汞、镉、铅、镍和铬等重金属指标;总砷、硒、硫化物、氰化物和氟化物等无机非金属化合物指标;酚类化合物、有机磷农药、有机氯农药、有机染料、有机金属化合物、多氯联苯和多环芳烃等有害有毒有机污染物指标。

(3)生物性水质指标。生物性水质指标主要有细菌总数、大肠菌群数、各种病原体和病毒等。

二、水质标准

(一)地表水环境质量标准

《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)适用于全国领域内江河、湖泊、水库、运河、渠道等具有使用功能的地表水域。依据地表水水域环境功能和保护目标,按控制功能高低依次将水域功能划分为5类。

I类:主要适用于源头水、国家自然保护区。

II类:主要适用于集中式生活饮用水水源地一级保护区、珍贵鱼类保护区、鱼虾产卵场等。

III类:主要适用于集中式生活饮用水水源地二级保护区、一般鱼类保护区及游泳区。

IV类:主要适用于一般工业区及人体非直接接触的娱乐用水区。

V类:主要适用于农业用水区及一般景观要求水域。

同一水域兼有多类功能的,依最高功能划分类别。

(二)水污染物排放标准

我国对工业废水和城镇污水制定了一系列排放标准,主要有《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)(一般性排污单位的主要项目的一级排放标准见表1-1和表1-2)、《污水排入城镇下水道水质标准》(CJ343—2010)(主要污染物排放指标见表1-3)、《生活污水排放标准》(GB18918—2002)、《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002)及各种行业排放标准等。

表 1-1 工业污水第一类污染物最高允许排放浓度

(单位:mg/L)

序号	污染物	最高允许排放浓度	序号	污染物	最高允许排放浓度
1	总汞	0.05	8	总镍	1.0
2	烷基汞	不得检出	9	苯并[a]芘	0.000 03
3	总镉	0.1	10	总铍	0.005
4	总铬	1.5	11	总银	0.5
5	六价铬	0.5	12	总 α 放射性	1 Bq/L
6	总砷	0.5	13	总 β 放射性	10Bq/L
7	总铅	1.0			

表 1-2 工业污水第二类污染物最高允许排放浓度(pH 值除外)

(单位:mg/L)

序号	污染物	一级标准	序号	污染物	一级标准
1	pH 值(量纲一)	6~9	12	氟化物	10
2	色度(稀释倍数)	50	13	磷酸盐	0.5
3	悬浮物(SS)	70	14	甲醛	1.0
4	生化需氧量(BOD ₅)	20	15	苯胺类	1.0
5	化学需氧量(COD)	100	16	硝基苯类	2.0
6	石油类	5	17	阴离子合成洗涤剂(LAS)	5.0
7	动植物油	10	18	总铜	0.5
8	挥发性酚	0.5	19	总锌	2.0
9	总氰化合物	0.5	20	总锰	2.0
10	硫化物	1.0	21	元素磷	0.1
11	氨氮	15	22	有机磷农药(以 P 计)	不得检出

表 1-3 污水排入城镇下水道水质等级标准(最高允许浓度,pH 值除外)

(单位:mg/L)

控制项目名称	A 等级	B 等级	C 等级	控制项目名称	A 等级	B 等级	C 等级
水温/℃	35	35	35	苯胺类	5	5	2
色度/倍	50	70	60	硝基苯类	5	5	3
pH 值(量纲一)	6.5~9.5	6.5~9.5	6.5~9.5	挥发酚	1	1	0.5

(续表)

控制项目名称	A 等级	B 等级	C 等级	控制项目名称	A 等级	B 等级	C 等级
易沉固体/ [mL/ (L·15 min)]	10	10	10	阴离子表面活性剂(LAS)	20	20	10
悬浮物(SS)	400	400	300	总汞	0.02	0.02	0.02
溶解性固体	1 600	2 000	2 000	总镉	0.1	0.1	0.1
动植物油	100	100	100	总铬	1.5	1.5	1.5
石油类	20	20	15	六价铬	0.5	0.5	0.5
生化需氧量(BOD ₅)	350	350	150	总砷	0.5	0.5	0.5
化学需氧量(COD)	500 (800)	500 (800)	300	总铅	1	1	1
氨氮(以 N 计)	45	45	25	总镍	1	1	1
总氮(以 N 计)	70	70	45	总铍	0.005	0.005	0.005
总磷(以 P 计)	8	8	5	总银	0.5	0.5	0.5
总氰化物	0.5	0.5	0.5	总硒	0.5	0.5	0.5
总余氯(以 Cl ₂ 计)	8	8	8	总铜	2	2	2
硫化物	1	1	1	总锌	5	5	5
氟化物	20	20	20	总锰	2	5	5
氯化物	500	600	800	总铁	5	10	10
硫酸盐	400	600	600	甲醛	5	5	2
有机磷农药(以 P 计)	0.5	0.5	0.5	三氯甲烷	1	1	0.6
苯系物	2.5	2.5	1	五氯酚	5	5	5

注:括号内数值适用于有城镇污水处理厂的城镇下水道系统。

(三)回用水水质标准

回用目的不同,对水质的要求也不同。我国已颁发的回用水水质标准主要有:《城市污水再生利用 分类》(GB/T18919—2002)、《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920—2002)、《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921—2002)、《农田灌溉水质标准》(GB 5084—2005)、《再生水用作冷却用水的水质控制标准》(GB/T19923—2005)等。

三、水污染控制技术

水污染控制指控制废水对环境的污染,防止水资源的破坏和环境质量的下降。水污染控制技术又称为污水处理技术,已有 100 多年的发展历史,随着社会的不断需求和科学技术的不断进步,通过技术创新,从最初的物理沉淀和最原始的生物滤池发展到活性污泥法、生物膜法,发展到目前较为完善的多种技术联用。通常把水污染控制技术分为物理方法、化学方法、物理化学方法和生物方法 4 大类。

物理方法是利用物理作用分离污水中污染物的方法,主要是分离水中呈悬浮状态的污

染物质,在处理过程中不改变物质的化学性质,包括物理沉淀法、阻力拦截法、过滤法和离心分离法等。

化学方法是利用化学作用分离污水中污染物的方法,在处理过程中物质的化学性质发生了改变,包括混凝法、中和法、化学沉淀法、氧化还原法、电化学法等。

物理化学方法是利用物化作用分离污水中污染物的方法,包括吸附法、离子交换法、萃取法、膜分离等。

生物方法也称为生物化学法,简称生化法,是通过微生物的作用运用生物化学原理分离污染物的方法,分为好氧生化法和厌氧生化法。

四、污水处理系统

污水处理是利用各种方法或技术将污水中的污染物分离出来,或转化为无害的物质,使污水得到净化的过程。多种污水处理方法或技术的合理组合就构成了污水处理系统,按照处理对象的不同,污水处理系统主要分为城市污水处理系统和工业废水处理系统。

(一)城市污水处理系统

目前,城市污水处理系统包括一级处理、二级处理、三级处理(深度处理)和污泥的处理与处置,如图 1-3 所示。

一级处理,通常采用物理方法,只去除漂浮物和易沉物,使城市污水排入水体时不致立即出现不洁现象,因此又称为预处理或物理处理。

二级处理,常采用生化法,因此又叫生物处理,主要去除一级处理后污水中的大部分有机物,基本上消除污水的耗氧性能,使水体接纳污水后不至于出现严重缺氧情况,水体生态系统将基本上维持原有的平衡状态。

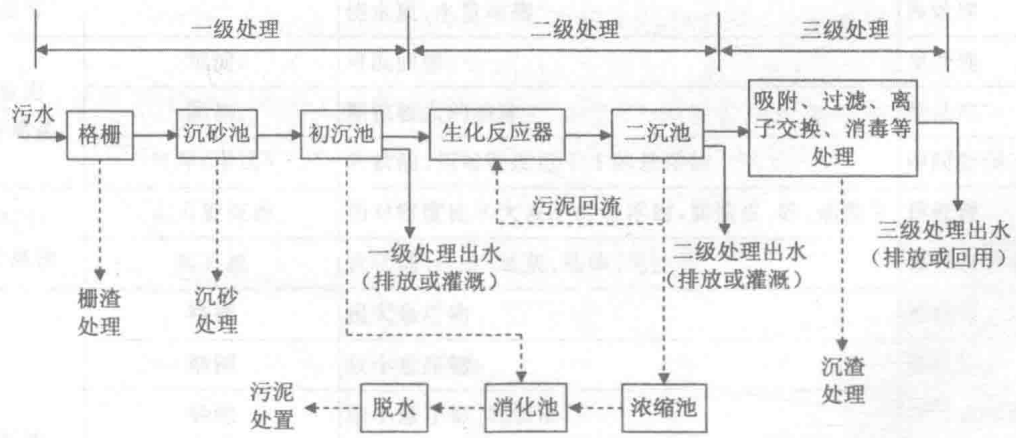


图 1-3 典型的城市污水处理系统

三级处理,进一步去除二级处理不能去除的有机物,并降低出水中氮、磷化合物的浓度,去除病原菌、矿物质(盐)等,出水可以回用。因此,三级处理在某种意义上也可以说是深度处理或高级处理,可采用生物法、吸附、离子交换、消毒、膜分离等多种方法。

污泥是污水处理过程中的副产物,其处理与处置主要包括浓缩、消化、脱水、堆肥或者填埋等。

(二)工业废水处理系统

工业废水种类繁多,性质各异,处理工艺复杂,按照工艺流程的程序,工业废水处理系统包括预处理、主处理和后处理(深度处理)以及污泥的处理与处置。



思考题

- 1.简述我国水资源的现状及其特点。
- 2.水体污染主要有哪几类?水体中可能有哪些污染物?
- 3.概述水体污染控制的主要水质指标。
- 4.水污染控制技术可以分为哪几种类型?



| 第二章

物理处理法

废水物理处理法是通过物理作用分离和去除废水中不溶解的呈悬浮状态的污染物(包括油膜、油珠)的方法,处理过程中,污染物的化学性质不发生变化。废水物理处理法是最基本最常用的一类处理生活污水或工业废水的单元技术,常用作废(污)水的一级治理或预处理,也可单独应用。物理处理法主要是用来分离或回收废水中的悬浮性物质,它在处理的过程中不改变污染物质的组成和化学性质。常用的物理处理方法有:调节、重力分离法、离心分离法、过滤、热处理、磁分离等。一般情况下,物理处理法所需的投资和运行费用较低,故常被优先考虑或采用。然而,对于大多数的工业废水来说,单纯依靠物理方法净化,往往不能达到理想的处理结果,还需与其他的治理方法配合使用。表 2-1 为废水物理处理的基本方法、处理对象及适用范围。

表 2-1 废水物理处理的基本方法、处理对象及适用范围

处理方法		处理对象	适用范围
调节		使水质、水量均衡	预处理
重力 分离法	沉淀	可沉固体	预处理
	隔油	颗粒较大的油珠	预处理
	气浮(浮选)	乳状油、相对密度近于 1 的悬浮物	中间处理
离心 分离法	水力旋流器	相对密度比水大或小的悬浮物,如铁皮、砂、油类等	预处理
	离心机	乳状油、纤维、纸浆、晶体、泥沙等	预处理或中间处理
过滤	格栅	粗大悬浮物	预处理
	筛网	较小悬浮物	预处理
	砂滤	细小悬浮物、乳状油	中间或最终处理
	布滤	细小悬浮物、浮渣、沉渣脱水	中间或最终处理
	微孔管	极细小的悬浮物	最终处理
	微滤机	细小悬浮物	最终处理

(续表)

处理方法		处理对象	适用范围
热处理	蒸发	高浓度酸、碱废液	中间处理
	结晶	可结晶物质,如硫酸亚铁、黄血盐等	最终处理
磁分离		可磁化物质,如钢铁、选矿、机械工业废水中磁性悬浮物	中间或最终处理

第一节 格 栅

一、格栅的作用及种类

1. 格栅的作用

格栅是由一组或多组互相平行的金属栅条与框架组成,倾斜安装在进水的渠道,或进水泵站集水井的进口处,以拦截污水中粗大的悬浮物及杂质。在排水工程中,格栅的作用是去除可能堵塞水泵机组及管道阀门的较粗大悬浮物,并保证后续处理设施能正常运行,一般以不堵塞水泵和水处理厂站的处理设备为原则。

2. 格栅的分类

格栅除污设备形式多样,格栅按形状可分为平面格栅和曲面格栅两种;按格栅栅条的间隙,可分为粗格栅、中格栅、细格栅三种;按结构形式及除渣方式可分为人工格栅和机械格栅两大类,机械格栅又可分为回转式、旋转式、齿耙式等多种形式。

平面格栅由栅条与框架组成。基本形式如图 2-1 所示。图中 A 型是栅条布置在框架的外侧,适用于机械清渣或人工清渣;B 型是栅条布置在框架的内侧,在格栅的顶部设有起吊架,可将格栅吊起,进行人工清渣。

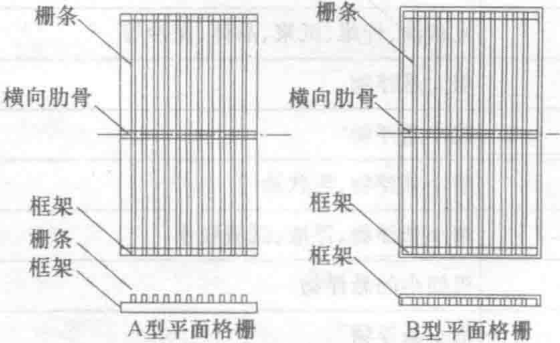


图 2-1 平面格栅



曲面格栅又可分为固定曲面格栅(栅条用不锈钢制)与旋转鼓筒式格栅两种。图 2-2 为固定曲面格栅,利用渠道水流速度推动除渣桨板。图 2-3 为旋转鼓筒式格栅,污水从鼓筒内向鼓筒外流动,被格除的栅渣,由冲洗水管冲入渣槽(带网眼)内排出。

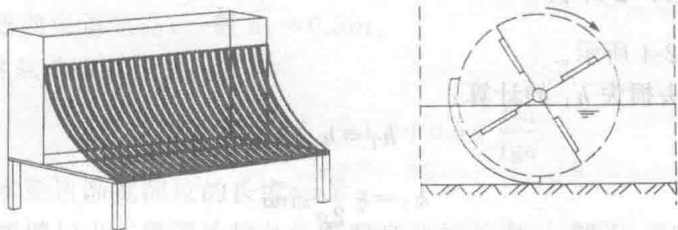


图 2-2 固定曲面格栅

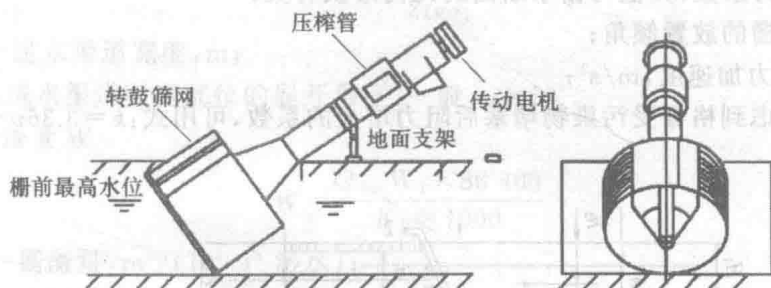


图 2-3 旋转鼓筒式格栅

3. 格栅的设计要求

格栅所截留的污染物数量与地区的情况、污水沟道系统的类型、污水流量以及栅条的间距等因素有关,格栅设计应该符合下列要求。

(1)粗格栅:机械清除时,栅条间隙宽度宜为 16~25mm,栅渣截留量为 $0.10 \sim 0.05 \text{ m}^3 / (10^3 \text{ m}^3 \text{ 污水})$;人工清除时,栅条间隙宽度宜为 25~40mm,栅渣截留量为 $0.03 \sim 0.01 \text{ m}^3 / (10^3 \text{ m}^3 \text{ 污水})$ 。栅渣的含水率约为 80%,密度约为 960 kg/m^3 。特殊情况下,最大间隙可为 100mm。

(2)细格栅:栅条间隙宽度宜为 1.5~10mm。

(3)水泵前栅条间隙宽度,应根据水泵要求确定。

(4)污水过栅流速宜采用 $0.6 \sim 1.0 \text{ m/s}$ 。除转鼓式格栅除污机外,机械清除格栅的安装角度宜为 $60^\circ \sim 90^\circ$,人工清除格栅的安装角度宜为 $30^\circ \sim 60^\circ$ 。

(5)格栅除污机底部前端距井壁尺寸,钢丝绳牵引除污机或移动悬吊葫芦抓斗式除污机应大于 1.5m;链动刮板除污机或回转式固液分离机应大于 1.0m。

(6)格栅上部必须设置工作平台,其高度应高出格栅前最高设计水位 0.5m,工作平台上应有安全和冲洗设施。

(7)格栅工作平台两侧边道宽度宜采用 0.7~1.0m。工作平台正面过道宽度,采用机械清除时不应小于 1.5m,采用人工清除时不应小于 1.2m。

(8)粗格栅栅渣宜采用带式输送机输送,细格栅栅渣宜采用螺旋输送机输送。