

高等学校水利类教材

水污染

控制工程

(理论·方法·应用)

王祥三 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

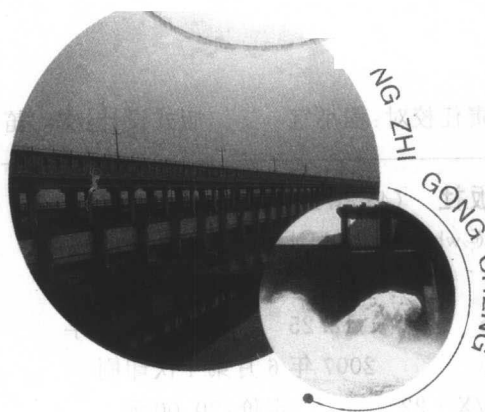
0.6-43
2

高等学校水利类教材

水污染控制工程

■ 王祥三 编著

(理论·方法·应用)



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

水污染控制工程/王祥三编著. —武汉:武汉大学出版社, 2007. 6

高等学校水利类教材

ISBN 978-7-307-05539-1

I. 水… II. 王… III. 水污染—污染控制—高等学校—教材
IV. X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 053069 号

责任编辑:李汉保

责任校对:程小宜

版式设计:支 笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:华中科技大学印刷厂

开本:787×1092 1/16 印张:12.25 字数:294 千字

版次:2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-05539-1/X·22 定价:20.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

内 容 简 介

本书是武汉大学“十一·五”规划教材之一,《水污染控制工程》共分七章,全书力求把理论、方法及应用三者统一,主要内容是:污水处理方法和处理系统;污水的一级处理系统;污水的二级处理系统;污水的三级处理系统;小型污水处理设备;污泥的处理与处置;污水处理厂的设计方法;另外,为帮助学生复习和增强实际动手操作能力,每章后均附有思考题和习题。本书可以作为水文水资源专业、给水排水专业及环保专业本科生的专业必修课教材,亦可以作为水利类其他专业的选修课教材,同时可以作为相关专业技术人员的参考书。

前 言

水是最宝贵的资源,我国人口众多,水资源相对短缺,随着社会经济的迅速发展,水质污染情况日趋严重,成为制约我国可持续发展的一个重要因素。造成目前水污染的一个重要原因是城镇污水的大量排放。我国是水资源贫乏的国家之一,近几年我国城市化建设进程加快,尤其是中小城镇的迅速崛起,污水排放量大而面广。由于相应的污水处理设施跟不上发展的需要,致使大量污水未得到有效处理就直接排入水体,每年废水排放量达 600 多亿 m^3 ,其中工业废水约占 80%,生活污水约占 20%,其中 70%~80% 的废水未经处理直接排入水体,使有限的水资源受到严重污染,从而使可以利用的水资源数量减少。

为了解决日益加剧的水污染问题,各国都在采取多种多样的措施,包括法制、行政、经济、工程技术、宣传教育等方面,来控制水污染,进而减轻水污染,乃至在部分地区消除水污染。国内外的实践证明,要控制并进一步消除水污染,必须遵循经济建设、城乡建设与环境建设同步规划、同时实施、同步发展的原则;切实执行“一切企、事业单位在进行新建、改建和扩建时,其中防止水污染和公害的设施,必须和主体工程同时设计、同时施工、同时投产”(简称“三同时”)的原则;应当从控制废水的排放入手,将“防”、“管”、“治”三者结合起来。

采用上述各项措施后,仍将有一定数量的工业废水排放,城市污水的排放也是不可能根除的。为了确保水体不受污染,在废水排入水体之前,必须对其进行妥善的处理,使其实现无害化,不致影响水体的卫生指标及经济价值。那种片面强调我国财力不足,暂时无钱治理的论调是错误的!例如据相关统计,美国 1972 年用于水污染控制的资金为 63 亿美元,可以减少因水污染造成的经济损失 115 亿美元,因而净节省 52 亿美元。他们的结论是:把钱花在污染控制上是“得能偿失”,“得超过失”,因此具有巨大的经济效益和社会效益。这就是为什么在过去 30 多年里经济发达国家在水污染控制方面投入巨额费用(约占国民经济总产值的 1.5%~2%),而且至今仍然持续地把大量资金投入环境污染控制的原因所在。

废水处理应当达到的程度,要通过调查研究和计算才能确定。不考虑水体的稀释自净能力,机械地按照污水排放标准或提出不切实际的过高要求,都是不合适的。对缺水地区,应考虑污水资源化,将处理后的城市污水用于工业、农业或其他用途,根据不同的用途提出对污水处理程度的要求。

我国在水污染控制方面亦采取了一系列控制措施,其中制定水环境保护法;控制污染物排放量;修建污水处理厂;建立水系污染控制系统等,对我国水污染控制都取得了很好的效果。

水污染控制工程是以工程技术措施防治、减轻乃至消除水环境的污染,改善和保持水环境质量,保障人民健康,以及有效地保护和合理地综合利用水资源,并使污水资源化。

本教材是武汉大学“十一·五”规划教材之一,全书共分七章,其中第一章介绍污水处理方法和处理系统;第二章介绍污水的一级处理系统;第三章介绍污水的二级处理系统;第

四章介绍污水的三级处理系统;第五章介绍小型污水处理设施的设计;第六章介绍污泥的处理与处置;第七章介绍城市污水处理厂的设计。为帮助学生复习和增强实际动手操作能力,每章后均附有思考题和习题。

由于本人水平有限,本教材还可能有错误,热忱希望读者提出批评和意见。

作 者

2007年1月30日于武汉珞珈山

目 录

第一章 污水处理方法和处理系统	1
§ 1.1 水污染控制的基本原则与方法	1
§ 1.2 污水处理程度的确定	7
§ 1.3 污水处理系统及分类	10
§ 1.4 污水处理的设计原则	13
§ 1.5 污水各级处理系统流程	18
思考题及习题	20
第二章 污水的一级处理系统	21
§ 2.1 格栅与筛网	21
§ 2.2 水的沉淀	25
§ 2.3 水的混凝	39
§ 2.4 沉淀池	46
§ 2.5 澄清池	55
思考题及习题	58
第三章 污水的二级处理系统	59
§ 3.1 污水的生物处理机理及特点	59
§ 3.2 污水生物处理反应动力学原理	61
§ 3.3 活性污泥法工作机理	66
§ 3.4 活性污泥法的物料平衡计算	71
§ 3.5 活性污泥法处理系统的设计计算	74
§ 3.6 生物膜法	96
§ 3.7 厌氧生物处理法	107
思考题及习题	115
第四章 污水的三级处理系统	116
§ 4.1 氮的去除	116
§ 4.2 磷的去除	120
§ 4.3 难降解有机物的去除	128
思考题及习题	130

第五章 小型污水处理设施的设计	131
§ 5.1 小型污水处理设施水量水质特点	131
§ 5.2 组合式生活污水处理设备	132
§ 5.3 磁化处理生活污水技术及设备	134
§ 5.4 小型生物厌氧处理生活污水设备	136
§ 5.5 生态—磁化复合处理生活污水系统	142
思考题及习题	144
第六章 污泥的处理与处置	146
§ 6.1 污泥的分类、性质和数量	146
§ 6.2 污泥处理的基本方法	149
§ 6.3 污泥的浓缩	153
§ 6.4 污泥的稳定	157
§ 6.5 污泥的脱水	164
§ 6.6 污泥的干燥与焚化	170
§ 6.7 污泥的最终处置	174
思考题及习题	176
第七章 城市污水处理厂的设计	177
§ 7.1 城市污水处理厂的厂址选择	177
§ 7.2 污水处理厂处理方法和流程的选择	178
§ 7.3 污水处理厂的平面布置	180
§ 7.4 污水处理厂的高程布置	181
思考题及习题	187
参考文献	188

第一章 污水处理方法和处理系统

据 2004 年统计,世界上污水排放量达 4 000 多亿 m^3 ,我国污水排放量达 610 亿 m^3 ,污水中的污染物、杂质是多种多样的,即具有多样性和复杂性,采用的处理方法一般不是单纯一种方法,而是几种方法的结合,即组成一个处理系统。

§ 1.1 水污染控制的基本原则与方法

1.1.1 水污染控制的基本原则

国内外的实践证明,要控制并进一步消除污染,必须遵循经济建设、城乡建设与环境建设同步规划、同时实施、同步发展的原则;切实执行“一切企、事业单位在进行新建、改建和扩建时,其中防止污染和公害的设施,必须和主体工程同时设计、同时施工、同时投产”(简称“三同时”)的原则;应当从控制废水的排放入手,将“防”、“管”、“治”三者结合起来。

1. 防

(1)工业合理布局 不在居民集中地区和风景区布置工业,不在缺水地区布置耗水量大的工业。厂址不当的或污染危害严重又难以治理的企业,要下决心采取关、停、并、转、迁等措施。发展“闭合工艺圈”,将不同工厂诸种生产工艺进行科学规划,交叉利用二次资源和能源。例如,德国某化学公司以丙烯、氨、氧为原料生产丙烯腈,在生产过程中产生氢氰酸废液,再用乙烯、氧与氢氰酸反应,又可以制得丙烯腈。又如,在发电厂、食品厂、炼铜厂、酿酒厂的周围可以发展建筑材料、生物制品、硫酸、动物饲料的加工业,也是闭合工艺圈的例子。

(2)改革落后工艺 对于生产工艺和技术装备处于落后水平,能源、资源浪费严重,三废排放量大的企业,作为环境工作者应当与工艺工程师和工人一道研究工艺改革的可能性,尽量不用水或少用水,尽量不用或少用易产生污染的原料、设备或生产工艺,采用能够最大限度地、综合地利用原料资源的工艺过程,推行无废、少废技术,将污染减少或消除于生产过程中。

例如,支链烷基苯磺酸盐,简称 ABS 合成洗涤剂,在生物处理中难以降解,排入水体形成长期积累的污染物质,国外因此发展了新品种——直链烷基苯磺酸盐,简称 LAS 合成洗涤剂,该洗涤剂易为微生物分解,从而消除了污染。

(3)重复利用废水 尽量采用重复废水、逆流回用或闭路循环用水系统,使废水排放量减至最少。

根据不同生产工艺对水质的不同要求,可以将甲工段排出的废水送往乙工段使用,实现一水二用或一水多用。例如利用轻度污染的废水作为锅炉的水力排渣用水或炼焦炉的熄焦

用水。

漂洗工段中采用逆流回用,可以显著减少废水量而不影响产品质量。

将生产废水经适当处理后,送回本工段再次利用,即循环用水。例如高炉煤气洗涤废水经沉淀、冷却后可以再次利用于洗涤高炉煤气,并可以不断循环,只需补充少量的水补偿循环中的损失。

(4)严格执行环境影响评价制度 工程师有责任对不符合环保要求的新建、扩建企业建设加以抵制。

2. 管

(1)认真执行环保法规 近几年来我国颁布了一系列环保法规及标准,如环境保护法(1989年12月26日),工业企业设计卫生标准(GBZ1—2002),生活饮用水卫生标准(GB5749—85),农田灌溉水质标准(GB5084—92),渔业水域水质标准(GB11607—1989),工业三废排放试行标准(GBJ4—73),关于基建项目、技措项目要严格执行“三同时”的通知(1980年11月1日),基本建设项目环境保护管理办法(1986年3月2日),海洋环境保护法(1999年12月25日修订通过),海水水质标准(GB3097—82),水污染防治法(1984年5月11日),地面水污染质量标准(GB3838—88),污水综合排放标准(GB8978—1996)等。因篇幅所限,本书未能一一罗列。作为环保工作者,对这些法规和标准必须熟悉并且应严格贯彻执行。

(2)环境总体规划及统一管理 应当结合本地区的工业、农业、人口等的发展,进行本地区的环境现状评价和预测评价,制定本地区的近期、中期、远期的环境目标,提出规划方案,说明达到这些目标所应采取的工程技术措施和投资。如果是跨地区的河流,则应按流域进行环境总体规划。总体规划的内容应当包括水资源、供水、排水、污染源控制、污水处理、防洪、灌溉、水运、水产、生态保护、水上娱乐等方面。总体规划应经过地方政府和人代会审核,报国家相关部门审定,分期实现。为了防止多部门治水,互相扯皮的弊病,应按流域建立权威性的水系管理机构,对水系实行统一管理,做到“一条龙治水”,这样有利于解决水资源与城市供水的矛盾,供水、排水与河流管理之间的矛盾,水污染控制资金不足的矛盾。英国泰晤士河的治理办法在这方面提供了良好的经验,值得借鉴。

(3)推行排污总量控制技术 地方可以根据当地水体的大小、用途和废水排出情况,经过科学计算,在合理利用环境容量的基础上,制定地方性的具体排污标准,实行排污总量控制。该方法比浓度控制优越,因为对于小水体或封闭性水域,浓度控制可能达不到环境质量目标;而对于大的江、河或海洋,浓度控制则不能合理利用环境容量,造成不必要的资金浪费。

(4)推行工厂“排污许可证”制度和排污收费制度 工厂必须提出申请,说明污水量、污染负荷、污染物浓度、处理措施、排放地点和方式,经环保部门监测、评价、验收后发给排污许可证。对于违法排污,造成重大伤亡和损失,要追究当事人的法律责任,给予法律制裁和罚款。排污收费是解决资金不足,促进工厂推行无废技术,促进治理的手段。

(5)在工厂内建立环境考核指标 将环境考核指标纳入生产考核指标内,制定单位产品的水耗、能耗、物耗的措施,控制污染物的流失、减少跑冒滴漏,建立健全各级岗位责任制,

考核指标应与工厂和管理干部的奖金挂钩。

(6)科学管理和监督 建立完善的城市和工业的排污监测网和数据库,进行科学管理和监督。

(7)采取鼓励政策 对节水、减少排污、三废综合利用的工厂或单位给予奖励、免税等措施。

3. 治

采用上述各项措施后,仍将有一定数量的工业废水排放,城市污水的排放也是不可能根除的。为了确保水体不受污染,在废水排入水体之前,必须对其进行妥善的处理,使其实现无害化,不致影响水体的卫生指标及经济价值。那种片面强调我国财力不足,暂时无钱治理的论调是错误的!例如1982年和1983年,武汉市内因积水造成的损失达5亿元,而在武汉建设一个完善的排水系统仅需1.4亿元。据相关统计,美国1972年用于水污染控制的资金为63亿美元,可以减少因水污染造成的经济损失115亿美元(包括健康损失),因而净节省52亿美元。他们的结论是:把钱花在污染控制上是“得能偿失”,“得超过失”,因此具有巨大的经济效益和社会效益。这就是为什么在过去30多年里经济发达国家在污染控制方面投入巨额费用(占国民经济总产值的1.5%~2%),而且至今仍然持续地把大量资金投入环境污染控制的原因所在。

工业废水中往往含有酸、碱类物质、有毒物质、重金属或高浓度有机污染物,而且,不同工业的废水性质各异。对于这些特殊性质的废水,宜在厂内或车间内就地进行局部处理。但是,对于性质与城市生活污水相近的工业废水,或是经局部处理后不致对城市下水道及城市污水的生物处理过程产生危害的工业废水,单独设置废水处理设施则是不必要、不经济的。不要机械地理解“谁污染,谁治理”的方针,而应该优先考虑排入城市下水道与城市污水共同处理,这样做可以扩大处理厂的规模,大大节约建设费用和运行费用,可以提高处理效果,并节省占地面积,节省管理人力等。例如据天津市调查分析,39家工厂有机废水建二级处理厂进行分散治理与由纪庄子污水厂集中处理相比较,集中处理可以节省基建费54%,运行费节省84%,操作人员节省86%。而且工厂单独处理的运行效果一般较差。据对全国已建成投产的5000座工厂内污水处理设施的调查,仅30%发挥了效益,其余70%未能正常运行。

废水处理应当达到的程度,要通过调查研究和计算才能确定。不考虑水体的稀释自净能力,机械地按照污水排放标准或提出不切实际的过高要求,都是不合适的。对缺水地区,应考虑污水资源化,将处理后的城市污水用于工业、农业或其他用途,根据不同的用途提出对污水处理程度的要求。

1.1.2 水污染控制的基本途径

1. 控制污染物质排放量

控制污染物质排放量是控制水体污染最关键的问题,根据国内外相关介绍,主要有三方面措施:

(1)改进生产技术和工艺。尽量避免使用能造成水污染的原料、技术和工艺。例如在

印染技术和工艺中使用无水印染技术取代有水印染技术以消除印染废水的排放;在电镀工艺中采用无氰电镀工艺代替有氰电镀工艺,可以使废水中不含有毒的氰化物。

(2)使用重复用水和循环用水。根据不同的生产技术和工艺流程的要求,可以将这一工段排出的废水送至另一工段使用,再将另一工段的废水引入其他工段使用,这样重复用水,实现一水多用便可以把废水排放量减至最少,例如碱法造纸流程,如图 1-1 所示。

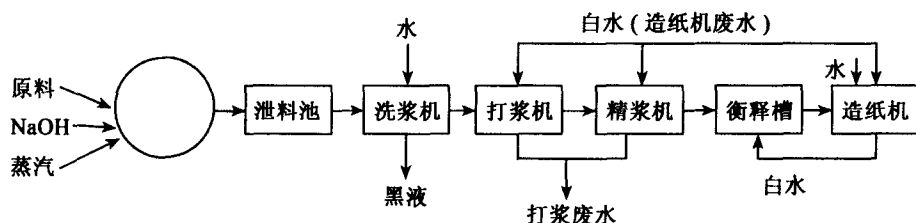


图 1-1 碱法造纸流程简图

(3)回收废水中的物质,尽量使流失在废水中的原料或成品与水分离后再加以利用,这样既可以减少生产成本或增加经济收益,又可以降低废水中污染物质的浓度,减轻污水处理的负担。

2. 合理利用水体的自净能力净化水

在考虑控制水体污染的时候必须同时考虑水体的自净能力,争取以较少的投资获得较好的水环境质量。所谓自净作用,是指排入水体的污染物质随着水体运动其浓度自行降低的现象,形成这种净化的机制主要是三类:

(1)物理净化:是指污染物质由于稀释、扩散、沉淀等作用使污染物质浓度降低。其中稀释作用是一项重要的净化过程,在扩散过程中还有一些有毒气体(如 H_2S)向大气中释放。

(2)化学净化:使污染物质由于氧化分解、凝聚等过程使河水污染物质浓度降低,其中也包括悬浮物沉淀,污染物被河底淤泥吸附等。

(3)生物净化:微生物对污染物质的氧化分解作用使污染物质浓度降低和水生生物及底栖微生物产生净化水的作用。

由上述可知,河流自净作用的内容十分广泛。

1.1.3 基本方法

水和废水处理的方法可以归纳为物理法、化学法、物理化学法、生物化学法等。

上述常用方法的适用范围可以按所去除的杂质粒度尺寸、浓度、物化性质和生化性质来划分。图 1-2 表示水中的杂质种类及粒度尺寸与处理方法的关系。

工厂为节约用水,清洁的冷却废水或污染的热废水要进行冷却,然后循环回用。

对于缺水地区,应考虑废水的再生与回用到低质用水部门,这样比长距离供水可以经济得多。由于水和废水中杂质的多样性和复杂性,采用的处理方法一般是几种方法的组合,而不是单一的一种方法。关于污水处理技术分类及其作用如表 1-1 所示。

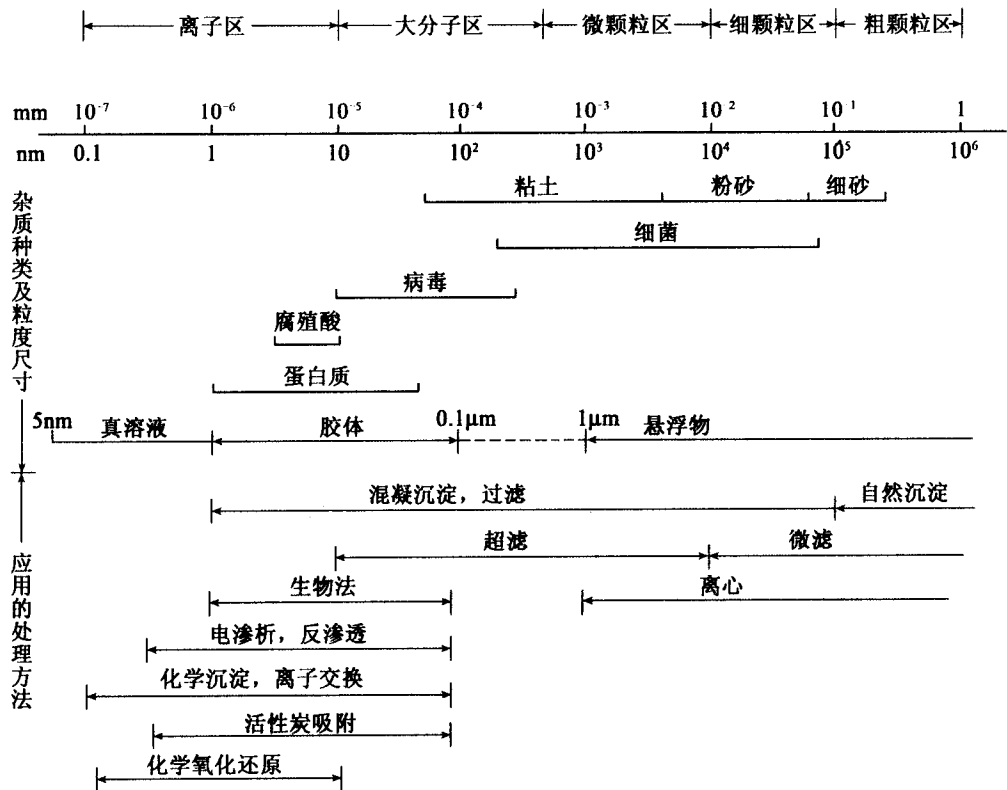


图 1-2 水中的杂质与处理工艺的关系

表 1-1 污水处理技术分类及其作用

方法	类别	说明
物理法	筛滤截留法	格栅:主要截留污水中大于栅条间隙的漂浮物。
		筛网:主要用网孔较小的筛网截流污水中的纤维等细小悬浮物,以保证后续处理效果。
		滤机:机械型式较多,其作用相当于转动的筛网。
		砂滤:主要采用石英砂等为过滤介质,靠水力压差使污水通过滤层,滤除细小悬浮物、有机物。
	重力分离法	沉淀:通过重力沉降分离废水中呈悬浮状态污染物质的方法。
		气浮:又称上浮法,用于去除污水中比重小于1的污染物,或通过投加药剂等措施去除比重大于1的物质。
	离心分离法	水旋分离器:设备固定,废水通过水泵打入或靠近水头差沿切线方向进入分离器内,造成旋流产生离心力场,使悬浮颗粒分离出来。
		离心机:由设备本身高速旋转,以产生离心力,使悬浮物分离出来。
	高梯度磁分离法	磁分离:利用磁场中感应磁场和高磁梯度所产生的磁力从液体中分离颗粒污染物或提取有用物质。

续表

方法	类 别	说 明	
化 学 法	化学沉淀法	析出:向废水中投加可溶性化学药剂,使之与水中呈离子状态的无机污染物起化学反应,生成不溶于水或难溶于水的化合物,析出沉淀,使废水得到净化。	
	中和法	中和:利用中和过程处理酸性和碱性废水。	
	化学氧化法	氧化分解:利用液氯、臭氧、高锰酸钾等强氧化剂氧化分解废水中污染物,以净化废水。	
	电解法	电解:利用电解的基本原理,使废水中有害物质通过电解过程,在阴阳两极分别发生氧化和还原反应,以转化为无害物,达到净化水质的目的。	
物 理 化 学 法	离子交换法	借助于离子交换剂中的交换离子和废水中的离子进行交换,以除去废水中的有害离子。离子交换剂分无机质(如海绿砂的天然物质或合成氟石)与有机质(如磺化煤和树脂)。这种处理方法成为电镀废水处理 and 回收贵重金属离子的有效手段之一。	
	萃取法	把适当的有机溶剂加入废水,从中分离出某些溶解性的污染物质,以达到废水净化。	
	膜分离技术	电 渗 析	电渗析是在离子交换法的基础上发展起来的一项分离技术。溶液中的离子在直流电场的作用下,有选择地通过离子交换膜进行定向迁移。该方法多用于海水和苦咸水除盐、制取去离子水等。
		扩 散 渗 析	即浓差渗析,利用半透膜(只透过溶剂或只透过溶质)使溶液中的溶质由高浓度一侧通过膜向低浓度一侧迁移。主要用于酸碱废液的处理、回收和有机电解质、无机电解质的分离、纯化。
		反 渗 透	以压力为推动力,把水溶液中的水分离出来,同时分离、浓缩溶液中的分子态或离子态物质的方法。反渗透技术在化学工程分离技术、硬水软化、制取高纯水和分离细菌、病毒等方面得到广泛应用。
		超 过 滤 法	以压力为推动力,使水溶液中大分子物质和水分离,其本质是机械筛滤,膜表面孔隙大小是主要控制因素。
	吸附处理	利用吸附剂(多孔性固体,如活性炭、大孔吸附剂树脂、硅藻土、炉渣等)吸附废水中一种或几种污染物,以回收或去除某些污染物,使废水得到净化。	

续表

方法	类 别	说 明
生物 化学 法	活性污泥法 (好气性生 物处理方法)	鼓风曝气:即堆流式曝气,将压缩空气不断地打入污水中,保证水体中有一定溶解氧,以维持微生物生命活动,分解有机物。
		机械曝气:即表面曝气,利用装在曝气池内的机械叶轮转动,剧烈搅动水面,使空气中的氧溶于水体中,供微生物生命活动。
		纯氧曝气:又称富氧曝气,是按鼓风曝气方法向水体中吹入纯氧,以充分提高充氧效率。
		深井曝气:一般用直径为 0.5~0.6m,深达 50~150m 的曝气装置,利用水压来提高水中氧的转移速率,以进行高效去除污水中 BOD 含量。
	生物膜法	生物滤池:使废水流过生长在滤料表面上的生物膜,通过各相间的物质交换及生物氧化作用,使废水中有机物降解,达到净化的目的,这也是好氧生物处理法。
		塔滤:即塔式生物滤池,塔高 8~24m,直径 1~3.5m,由于内部通风好,水力冲刷较强,污水同空气、生物膜充分接触,生物膜滤污速度快,各层生长有适应于废水性质的不同生物群。
		生物转盘:由固定在一横轴上的若干间距很近的圆盘组成,圆盘面上生长一层生物膜,以净化污水。
		生物接触氧化:供微生物栖附的填料全部浸在废水之中,并采用机械设备向废水中充氧,废水中的有机物由微生物氧化分解,达到净化。
	生物氧化塘	利用水中的微生物和藻类、水生植物等对污水进行好气或厌气生物处理的天然池塘或人工池塘。

§ 1.2 污水处理程度的确定

向水体排放废水,在排放之前需要处理到怎样的程度,是选择废水处理方法的重要依据。在确定处理程度的时候,首先应考虑如何能够防止水体受到污染,保证不发生公害,同时也要适当地考虑水体自净能力。通常采用有害物质和溶解氧两个指标来确定水体的允许负荷,即确定废水排入水体时的容许浓度,然后再进一步确定废水在排入水体前所需要的处理程度,并选择必要的处理方法。这里我们将通过例题来说明怎样根据这些指标来确定水体的允许负荷及废水所需的处理程度。在计算时,应以不利情况为准。河水流量一般可以采用 20 年一遇(保证率 95%)的最小月平均流量,溶解氧采用夏季每昼夜平均含量,废水位置可以采用平均流量,但对于有毒废水应采用最高流量。对于极毒物质,排放的工业废水宜考虑直接达到当地水质标准所规定的最高容许浓度值。

城市污水处理程度中主要用有毒污染物的污染指标,有机物一般可以用 BOD_5 、 COD 、 SS 作为参数指标。其处理程度可以按下式计算

$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中: E ——污水需要处理的程度,以百分率计;

C_0 ——未经处理的城市污水中某种污染物质的平均浓度, mg/L ;

C_e ——允许排入水体的已经处理的污水中该污染物质的平均浓度, mg/L 。

确定污水处理程度的几种方法:

1. 根据受纳水体对主要污染指标的要求来确定

该方法是根据受纳水体对主要污染指标的一般要求和污水厂所在地的地方要求,按照将污水处理到出水符合受纳水体对主要污染指标的要求来确定的。

2. 根据城市污水厂所能达到的处理程度来确定

该方法是根据二级污水处理厂一般能达到的处理程度来确定的,如美国环保局规定达到 30—30 标准(即 BOD_5 和 SS 出水都达到 $30mg/L$,通常称为双 30 标准)。

3. 根据受纳水体的稀释自净能力确定

当设计的污水厂所在地水体环境容量的潜力很大,利用水体的稀释能力和自净能力,能取得暂时的经济上的好处,但需慎重考虑。

目前根据我国技术经济水平的实际情况,一般采用城市污水厂所能达到的处理程度来确定,采用双 30 标准,即将 C_e 等于 $30mg/L$ 代入式(1-1)来计算确定污水应达到的处理程度。

例题 1-1

河水最小流量(95%保证率); $Q = 5m^3/s$ (此时流速约 $0.25m/s$)

河水溶解氧含量(夏季); $DO = 7mg/L$

含酚废水流量(最大); $q = 100m^3/h$

废水的含酚浓度(挥发酚); $C_0 = 200mg/L$

废水的生化需氧量; $BOD_5 = 450mg/L$

河水中原来没有酚。

(1) 试计算废水排入河流前,废水中酚所需处理的程度。

(2) 为了满足水体中溶解氧的要求(溶解氧不得低于 $4mg/L$),试估计废水所需处理的程度。

解 (1) 废水中酚所需处理的程度。

由于废水和河水混合前后所含酚的量相等,所以

$$\begin{aligned} C_1 \times aQ + C \times q &= (aQ + q) \times C_2 \\ C &= \frac{(aQ + q) \times C_2 - C_1 \times aQ}{q} \end{aligned}$$

式中: C_1 ——废水排放口上游河水中酚的浓度, mg/L ;

C ——允许排入河流的酚浓度, mg/L ;

C_2 ——水体中酚的最大容许浓度, mg/L ;

a ——混合系数。

因为河水流速为 0.25m/s , 采用 $a=0.75$, 河水中原来没有酚, $C_1=0$ 。

由地面的Ⅳ水标准, 可以查得 $C_2=0.01\text{mg/L}$, 代入上式

$$C = \frac{(0.75Q + q) \times 0.01}{q}$$

因 $Q=5\text{m}^3/\text{s}$, $q=100\text{m}^3/\text{h}=0.028\text{m}^3/\text{s}$, 故

$$C = \frac{(0.75 \times 5 + 0.028) \times 0.01}{0.028} = 1.35\text{mg/L}$$

根据二级排放标准, 挥发酚的最高容许排放浓度为 0.5mg/L , 故废水所需处理的程度为

$$E = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% = \frac{200 - 0.5}{200} \times 100\% = 99.75\%$$

若计算所得的 $C < 0.5\text{mg/L}$, 则计算上式时应采用计算所得的数字。

(2) 满足溶解氧要求所需的处理程度。

影响水体中溶解氧变化的因素很复杂, 其中主要的因素是有机物氧化分解所消耗的氧量。所以在缺乏资源而作一般估计时, 可以不考虑复氧等因素, 其计算如下。

若仍采用混合系数 $a=0.75$, 河水中可以利用的氧量为

$$O_1 = (7 - 4) \times Q \times 0.75 = (7 - 4) \times 5 \times 0.75 = 11.25\text{g/s}$$

废水氧化分解, 并使水中溶解氧保持在 4mg/L , 所需的氧量为

$$O_2 = q \times x_s + q \times 4$$

式中, x_s 是允许排放河流的废水的 BOD_5 , 以 mg/L 计, 原废水中假定没有溶解氧。故

$$O_2 = 0.028x_s + 0.028 \times 4 = 0.028x_s + 0.112$$

根据物料平衡关系, $O_1 = O_2$, 故

$$11.25 = 0.028x_s + 0.112$$

$$x_s = 398\text{mg/L}$$

根据排放标准, 生化需氧量(5天 20°C) 的最高容许排放浓度为 60mg/L , 因此, 就溶解氧来说, 废水生化需氧量所需处理的程度为

$$E = \frac{450 - 60}{450} \times 100\% = 86.7\%$$

若计算所得的 $x_s < 60\text{mg/L}$, 则计算上式时应采用计算所得的数字。

根据以上计算, 酚的去除要求的处理程度较高。参考已有的资料, 要达到 99.75% 的去除率, 需采取较复杂的处理方法, 如生物处理法, 才能满足要求。

最后, 必须指出, 废水处理方法的选择必须对相关政策上、技术上、经济上的各项条件, 进行全面的分析, 才能作出决定, 处理程度的计算仅是所要考虑的重要因素之一。此外, 在处理程度计算时, 我们做了不少假设, 例如, 有害物质容许浓度的计算, 只考虑了稀释的因素, 在考虑水体中溶解氧的变化时, 忽略了水生植物的光合作用向水体供氧的影响, 有时甚至不考虑大气供氧(复氧)的因素(见例 1-1)。所以就这方面来看, 根据计算所得的处理程度也只能视做选择处理方法时的参考指标。