

WUSHUI CHULI WENDA

污水处理

问答

■ 王又蓉 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

污水处理问答

王又蓉 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书内容包括物理化学处理和生化处理,共 15 章。第 1 章基本知识,第 2 章预处理,第 3 章混凝,第 4 章污水的重力分离处理。第 5 章粒状介质过滤,第 6 章化学氧化还原,第 7 章吸附,第 8 章离子交换,第 9 章生化处理基础,第 10 章活性污泥法,第 11 章生物膜法,第 12 章厌氧生化法,第 13 章生物脱氮除磷,第 14 章塘系统与土地处理,第 15 章湿地处理。

本书适用于从事水处理及相关领域的工程技术人员阅读,也可供高等院校环境工程,给排水等有关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

污水处理问答 / 王又蓉编著. —北京:国防工业出版社, 2007. 1

ISBN 7-118-04647-7

I. 污... II. 王... III. 污水处理-问答
IV. X703-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 080512 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

京南印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850 × 1168 1/32 印张 14 字数 371 千字

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 26.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

水资源是人类生产和生活不可缺少的自然资源,也是生物赖以生存的环境资源,随着水资源危机的加剧和水环境质量不断恶化,水资源短缺已演变成世界倍受关注的资源环境问题之一。为缓解水环境污染与水资源匮乏带来的压力,水处理作为环境工程领域迅速发展的一门技术科学,近几十年来得到了快速发展。

本书内容包括物理化学处理和生化处理,共 15 章。第 1 章基础知识,第 2 章预处理,第 3 章混凝,第 4 章污水的重力分离处理,第 5 章粒状介质过滤,第 6 章化学氧化还原,第 7 章吸附,第 8 章离子交换,第 9 章生化处理基础,第 10 章活性污泥法,第 11 章生物膜法,第 12 章厌氧生化法,第 13 章生物脱氮除磷,第 14 章塘系统与土地处理,第 15 章湿地处理。本书在编写过程中,参考了大量相关方面的文章和书籍,不仅阐明了水处理的基本原理与工艺,还介绍近年来国内外污水治理的新技术、新工艺。内容全面、新颖,既涵盖了基础理论,又较好地体现了水处理技术的发展趋势。

全书采用一问一答的形式编写,针对性强。问题的设计涵盖了基本概念、理论原理、工艺流程、技术特点、工艺技术适用性局限性等众多方面。力求理论与实践相结合,注重解答工程实践中的设计、运行与管理方面的问题,实用性与可读性强。

本书对于从事水处理及相关领域的工作人员会有较大的参考

价值,也可作为高等院校环境工程、给排水等有关专业的参考书目。

由于编者知识有限,时间仓促,书中难免会存在一定的不足和欠缺,在此恳请广大读者和同行批评指正,不胜感激。

编者

2006年6月

目 录

第 1 篇 污水物理化学处理

第 1 章 基础知识	1	第 1 节 概述	130
第 1 节 基本概念	1	第 2 节 过程与机理	131
第 2 节 污水中的污染 物及其指标	5	第 3 节 滤池类型	134
第 2 章 预处理	18	第 4 节 滤料和垫层	140
第 1 节 调节	18	第 5 节 配水系统	143
第 2 节 筛滤	22	第 6 节 滤池的运行 管理	145
第 3 节 中和	29	第 6 章 化学氧化还原	149
第 3 章 混凝	37	第 1 节 化学氧化法	149
第 1 节 混凝原理	37	第 2 节 化学还原法	161
第 2 节 混凝剂与助 凝剂	41	第 3 节 电解	163
第 3 节 影响混凝效果 的因素	47	第 7 章 吸附	171
第 4 节 混凝过程及混 凝剂设备	49	第 1 节 基本概念	171
第 4 章 污水的重力分离 处理	65	第 2 节 吸附剂及其 再生	177
第 1 节 基本概念	65	第 3 节 吸附工艺与 设计	186
第 2 节 沉淀法	65	第 8 章 离子交换	192
第 3 节 上浮法	107	第 1 节 概述	192
第 5 章 粒状介质过滤	130	第 2 节 离子交换剂	192
		第 3 节 工艺与原理	199

第 2 篇 污水生化处理

第 9 章 生化处理基础 … 209	第 1 节 厌氧法的概述 …………… 340
第 1 节 基本概念 …… 209	第 2 节 厌氧法的工艺和设备 …… 351
第 2 节 污水处理厂设计基础 …… 212	第 3 节 厌氧设备的运行管理 …… 364
第 10 章 活性污泥法 …… 216	第 13 章 生物脱氮除磷 … 367
第 1 节 活性污泥法概述 …………… 216	第 1 节 生物脱氮 …… 367
第 2 节 活性污泥法的曝气方法与设备 …………… 225	第 2 节 生物除磷 …… 383
第 3 节 活性污泥法的运行与管理 … 236	第 3 节 生物脱氮除磷 …………… 389
第 4 节 活性污泥法的发展 …………… 247	第 14 章 塘系统与土地处理 …………… 394
第 11 章 生物膜法 …… 308	第 1 节 塘系统 …… 394
第 1 节 生物滤池 …… 308	第 2 节 土地处理 …… 415
第 2 节 生物转盘 …… 321	第 15 章 湿地处理 …… 420
第 3 节 接触氧化池 … 329	第 1 节 结构与类型 … 420
第 4 节 生物流化床 … 335	第 2 节 净化机理 …… 426
第 12 章 厌氧生化法 …… 340	第 3 节 设计 …………… 438
	参考文献 …………… 442

第1篇 污水物理化学处理

第1章 基础知识

第1节 基本概念

1. “废水”和“污水”有什么区别？

严格讲“废水”是指废弃外排的水,强调废弃的一面。“污水”是指被污染了的水,强调其脏的一面。实际上有相当数量的废水是不脏的,如冷却水。因而“废水”一词统称所有排水比较合适。但一般这两种术语也没有严格的界限。

2. 废水污染与水污染有什么区别？

废水污染是废水对水体、大气、土壤或生物的污染,这里废水是污染的原因。而水污染是指水体受到废水、废气、固体废弃物中污染物的污染,这里水体是受害者,但造成水体污染的主要原因是废水,这里要区分水和水体。

3. 废水分为哪些类？

废水的种类较多,从不同角度有不同的分类方法。据不同的来源可分为生活废水和工业废水两大类;据污染物的化学类别又可分为无机废水与有机废水;也有按工业部门或生产废水的生产工艺分类的,如焦化废水、冶金废水、制药废水、食品废水等。实际使用中根据不同的条件使用不同的方法分类。

4. 什么是污水?

污水指在生产与生活活动中排放的水的总称。人类在生活和生产活动中,要使用大量的水,这些水往往会受到不同程度的污染,被污染的水称为污水。按照来源不同,污水包括生活污水、工业废水及有污染地区的初期雨水和冲洗水等。

5. 什么是生活污水?

生活污水是人类日常生活中使用过的水,包括厕所、厨房、浴室、洗衣房等处排出的水,来自住宅区、公共场所、机关、学校、医院、商店以及工厂生活间,其中含有较多的有机物如蛋白质、动植物脂肪、碳水化合物和氨氮等,还含有肥皂和洗涤剂以及病原微生物寄生虫卵等,这类污水需要经过处理后才能排入自然水体灌溉农田或再利用。

6. 什么是工业废水?

工业废水是在工业生产过程中被使用过,为工业物料所污染且污染物已无回收价值,在质量上已不符合生产工艺要求,必须要从生产系统中排出的水。由于生产类别、工艺过程和使用原材料不同,工业废水的水质繁杂多样。

7. 工业废水的分类有哪些?

工业废水又可分为生产污水和生产废水。

所谓的生产废水是指较清洁,只受到轻度污染或只是水温升高,稍做处理就可以回用的工业废水。例如,循环冷却系统的排污水。

所谓的生产污水是指使用过程中受到较严重污染的水,其中大多具有各种危害性,有的含有大量有机物,有的含有氰化物、汞、铅等有毒物质,有的含有放射性物质,有的感官性状指标如色、味、泡沫十分恶劣。这类污水需要经过处理后才能排入自然水体、灌溉农田或再利用。生产装置附近地区的初期雨水和冲洗水不仅会携带大量地面、屋顶或装置上积存的污染物,而且会将空气中的有

毒有害粉尘冲刷下来,因此也要和工业废水一起排入工业废水处理场。

8. 什么是城市污水?

城市污水是指排入城市排水管道中的生活污水和城镇生活区的工业废水,实际上是混合污水,因此城市污水的性质随各种污水的混合比例和工业废水中污染物的特殊而有很大差异。城市污水中生活污水的比例较大,因此具有生活污水的一切特征;但在不同的城市,因工业的规模和性质不同,城市污水的性质又不可避免地受工业废水的影响。

9. 什么是再生水?

再生水是指工业废水或城市污水经二级处理和深度处理后供作回用的水,因此又被称为回用水。当二级处理出水满足特定回用要求,并已回用时,二级处理出水也可称为再生水。再生水用于建筑物内杂用时,由于水质介于上水(饮用水)和下水(生活污水)之间,又称为中水。

10. 什么是污水处理,污水处理包括哪些类型?

污水处理就是采用各种技术和手段,将污水中所含的污染物质分离去除、回收利用或将其转化为无害物质,使水得到净化。

处理废水的方法很多,按废水中污染物从废水中除去的方式分,可分为分离处理、转化处理和稀释处理三类;按处理的原理可分为物理处理法、化学处理法和生物处理法三类;按处理程度划分,可分为一级处理、二级处理和三级处理,三级处理有时又称深度处理。

11. 什么是物理处理法?

物理处理法是利用物理作用分离污水中呈悬浮固体状态污染物质的方法。主要方法有:格栅截留法、沉淀法、气浮法和过滤法等。

12. 什么是化学处理法?

化学处理法是利用化学反应的作用分离回收污水中各种污染物质(包括悬浮物、胶体和溶解物等)的方法,主要用于处理工业废水。主要方法有:中和、混凝、电解、氧化还原、汽提、萃取、吸附和离子交换等。

13. 什么是生物处理法?

生物处理法是利用微生物的代谢作用使污水中呈溶解、胶体状态的有机污染物转化为稳定的无害物质的方法。主要方法有好氧法和厌氧法两大类,好氧法广泛应用于处理城市污水及有机性工业废水,厌氧法则多用于处理高浓度有机污水与污水处理过程中产生的污泥。

14. 什么是一级处理?

一级处理是二级处理的预处理,主要去除污水中漂浮物和呈悬浮状态的固体污染物质及影响二级生物处理正常运行的物质。经过一级处理的污水, BOD_5 去除率一般只有30%左右,水质达不到排放标准。

15. 什么是二级处理?

二级处理主要去除污水中呈胶体和溶解状态的有机污染物质,采用的方法主要是生物处理, BOD_5 去除率可达90%以上,使出水的有机污染物含量达到排放标准的要求。

16. 什么是三级处理?

三级处理是在一级处理、二级处理之后,进一步处理难降解的有机物及可导致水体富营养化的氮磷等可溶性无机物等。三级处理有时又称深度处理,但两者又不完全相同。三级处理常用于二级处理之后,以进一步改善水质或防止接纳水体发生富营养化和受到难降解物质污染(达到国家有关排放标准)为目的,而深度处理则以污水的回收和再利用为目的,在一级、二级甚至三级处理后增加的处理工艺。

17. 什么是污水回用?

将废水或污水经二级处理和深度处理后回用于生产系统或生活杂用被称为污水回用。污水回用的范围很广,从工业上的重复利用到水体的补给水和生活用水。杂用水主要用于冲洗厕所便器、汽车及园林绿化、景观和浇洒道路等不与人体直接接触的场所。污水回用既可以有效地节约和利用有限、宝贵的淡水资源,又可以减少污水或废水的排放量,减轻水环境的污染,还可以缓解城市排水管道的超负荷现象,具有明显的社会效益、环境效益和经济效益。

第2节 污水中的污染物及其指标

1. 污水中包括哪些杂质?

污水中的杂质包括水面的漂浮物、水中的悬浮物、沉于底部的可沉物及溶解于水中的固体物质。按照危害特征,污水中的污染物可分为漂浮物、悬浮固体、石油类、耗氧有机物、难降解有机物、植物营养物质、重金属、酸碱、放射性污染物、病原体、热污染等。

2. 污水中的无机漂浮物或悬浮物主要有哪些?

污水中的无机漂浮物或悬浮物主要指在污水中呈漂浮或悬浮状态的砾石、泥沙、粉尘铁屑类金属残粒等颗粒状或片状物质,大部分来自生活污水、初期雨水和冲洗地面水及洗煤、选矿、冶金等工业废水。无机漂浮物或悬浮物本身一般无毒,但其可以吸附有机毒物、重金属等形成危害更大的复合污染物。无机悬浮物含量较高的污水进入处理厂后,会加重沉淀池和沉沙池的负担,甚至造成淤积,减少池体有效容积和影响处理效果。

3. 污水中的有机漂浮物或悬浮物主要有哪些?

污水中的有机漂浮物或悬浮物主要指在污水中呈漂浮或悬浮状态的纤维、塑料制品、树枝木块、纸制品等长条状和块状物质,大

部分来自生活污水、初期雨水和冲洗地面水等。这些杂物进入污水处理厂后,将会对污水处理系统的各种设备(如泵、表曝机、管道、流量计、吸刮泥机等)的正常运转产生不利影响。

4. 反应悬浮杂质的指标有哪些?

漂浮物一般难以量化,反映水中悬浮杂质的指标有悬浮固体和浊度两种形式。

5. 什么是悬浮固体(SS)?

悬浮固体(SS)也称为不可过滤物质。将悬浮固体在 600°C 高温下灼烧后挥发掉的质量就是挥发性悬浮固体VSS,VSS可以粗略代表悬浮固体中有机物的含量;而灼烧后剩余的那部分物质就是不可挥发性悬浮固体,可以粗略代表悬浮固体中无机物的含量。污水中的不溶性悬浮固体的含量和性质随污染物的性质和污染程度而变化。污水和二次沉淀池出水的SS常用单位是 mg/L ,而曝气池混合液和回流污泥的SS常用单位是 g/L 。

6. 怎样测定污水中悬浮固体(SS)的量?

测定悬浮固体(SS)时,一般使用重量法,即采集一定体积的污水或混合液,用 $0.45\mu\text{m}$ 滤膜过滤截留悬浮固体,以滤膜截留悬浮固体前后的质量差作为悬浮固体的量。

在污水处理厂测定曝气混合液和回流污泥等SS值较大的水样时,对测定结果的精确度要求较低时,可以使用定量滤纸代替 $0.45\mu\text{m}$ 滤膜。这样既可以反映实际情况以指导实际生产的运行调整,又可以节约化验费用。但在测定二次沉淀池出水或深度处理出水的SS时,必须使用 $0.45\mu\text{m}$ 滤膜进行测定,否则测定结果的误差会过大。为防止滤片上残留物较多导致夹带水分并延长烘干时间,取样体积以产生 $2.5\text{mg}\sim 200\text{mg}$ 的悬浮固体量为佳。如果没有其他依据,悬浮物测定样品体积可以定为 100mL ,而且要求必须经过充分混合。

为快速测定SS值,污水处理厂经常使用污泥浓度计,有光学型和超声波型等两种。光学型污泥浓度计的基本原理是利用光束

在水中穿过时遇到悬浮颗粒会散射而强度减弱,光的散射同遇到的悬浮颗粒的数量、大小成一定比例,通过光敏电池来检测散射光和光的衰减程度,就可以推断水中污泥浓度。超声波型污泥浓度计的原理是利用超声波在污水中穿过时,超声波强度的衰减量与水中的悬浮颗粒浓度成正比,通过特制的传感器来检测超声波的衰减程度,就可以推断水中污泥浓度。

7. 测定悬浮固体(SS)的注意事项有哪些?

测定取样时,必须保证水样具有代表性,应当去除其中的大颗粒的漂浮物或浸没于其中的非均质凝块物质。采集的水样应尽快分析测定,如果需要放置,可以贮存在4℃的冷藏箱内,但水样的保存时间最长不能超过7d。为使测定结果尽量精确,在测定曝气混合液等高SS值的水样时,可以适当减少水样的体积;而测定二次沉淀池出水等低SS值水样时,可以适当加大测试水样的体积。

测定活性污泥样品时,由于悬浮固体含量较大,经常会出现样品中悬浮固体量超过200mg的情况,此时必须要适当延长烘干时间,然后再移至干燥器内冷却到平衡温度后称重,反复烘干、干燥直至恒重或称重损失小于前次称重的4%。为避免多次烘干、干燥、称重的操作过程,要严格控制每个操作步骤和时间一致,由一位化验员独立完成,以保证手法一致。为防止滤膜或滤纸等过滤介质截留过多的悬浮物而夹带过多的水分,必须延长干燥的时间,恒重称量时,要注意重量的变化幅度。如果变化过大,往往说明滤膜上的SS外干而内湿,需要再延长干燥时间。

8. 什么是浊度?

水的浊度是一种表示水样的透光性能的指标,是由于水中泥沙、黏土、微生物等细微的无机物和有机物及其他悬浮物使通过水样的光线被散射或吸收而不能直接穿透所造成的,一般以每升蒸馏水中含有1mgSiO₂(或硅藻土)时对特定光源透过所发生的阻碍程度为1个浊度的标准,称为杰克逊度,以JTU表示。浊度计是利用水中悬浮杂质对光具有散射作用的原理制成的,其测得的浊度

是散射浊度单位,以 NTU 表示。

浊度是光与水中固体颗粒共同作用的结果,其大小与水中杂质颗粒的大小、形状以及由此引起的对光的折射系数等因素有关,因此,水中的悬浮物含量较高时,一般其浊度也较高,但两者之间又没有直接的相关关系。有时同样的悬浮物含量,但由于悬浮物的性质不同,测得的浊度值却有很大差异。如果水中含有的悬浮杂质较多,最好用测定 SS 的方法来准确反映水的污染程度或杂质的具体数量。

9. 测量浊度的方法有哪些?

浊度的测定方法有分光光度法和目视比色法两种,这两种方法测定的结果单位是 JTU。另外,还有使用光的散射作用测定水浊度的仪器法,浊度计测定的结果单位是 NTU。在实验室对二次沉淀池出水或深度处理出水进行浊度检测时,分光光度法和目视比色法都可以使用;而污水处理厂的出水和深度处理系统的管道上进行浊度检测时,往往需要安装在线式浊度计。在线式浊度计的基本原理和光学型污泥浓度计相同,两者的差别在于污泥浓度计所测量的 SS 浓度高,因而利用光吸收的原理,而浊度计测量的 SS 较低,因而利用光散射原理,测得穿过被测水的光的散射分量,即可推断水的浊度大小。

10. 表示污水中溶解性污染物质的指标有哪些?

表示污水中溶解性污染物质的指标有溶解性固体、含盐量、电导率等。

11. 什么是溶解性固体(DS)?

溶解性固体也称为可过滤物质,溶解性固体中包括溶解于水的无机盐类和有机物质。可用总固体减去悬浮固体的量来粗略计算,常用单位是 mg/L。

将污水深度处理后回用时,必须将其溶解性固体控制在一定范围内,否则不论用于绿化、冲厕、洗车等杂用水还是作为工业循环水,都会出现一些不利影响。《生活杂用水水质标准》规定:用

于绿化、冲厕的回用水溶解性固体不能超过 1200mg/L,用于洗车、扫除时的回用水溶解性固体不能超过 1000mg/L。

12. 什么是水的含盐量?

水的含盐量也称矿化度,表示水中所含盐类的总数量,常用单位是 mg/L。由于水中的盐类均以离子的形式存在,所以含盐量也就是水中各种阴阳离子的数量之和。

水的溶解性固体含量比其含盐量要大一些,因为溶解性固体中还含有一部分有机物质。在水中有机物含量很低时,有时也可用溶解性固体近似表示水中的含盐量。

13. 什么是电导率?

电导率是水溶液电阻的倒数,单位是 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。水中溶解的盐类越多,离子含量就越大,水的电导率就越大。因此,根据电导率的大小,可以间接表示水中盐类总量或水的溶解性固体含量的多少。新鲜蒸馏水的电导率为 $0.5\mu\text{S}/\text{cm} \sim 2\mu\text{S}/\text{cm}$,而软化水站排放的浓水电导率可高达数千微西门子每厘米。

14. 污水中油类污染物的种类和来源有哪些?

污水中油类污染物的种类按成分可分为由动物和植物的脂肪形成的脂类和石油类。脂类不是一种特定的化合物,而是一类半液体物质的总称,其中包括脂肪酸、皂类、脂肪、蜡及其他类似的物质。石油类通常指原油和矿物油的液体部分,包括汽油、煤油、机油、苯、石蜡等,这些物质都不能成为高级植物和动物的养料,反而在许多情况下是有毒的,但它们可以被很多微生物所分解利用。石油开采、炼制、储存、运输或使用石油制品的过程平均会产生含有石油类污染物的污水,肉类加工、牛奶加工、洗衣房、汽车修理等过程排放的污水中都含有油或油脂。

15. 污水中油类污染物的种类按存在形式可划分哪几类?

污水中油类污染物的种类按存在形式可划分为五种物理形态:

(1) 游离态油:静止时能迅速上升到液面形成油膜或油层的浮油,这种油珠的粒径较大,一般大于 $100\mu\text{m}$,约占污水中油类总量的 $60\% \sim 80\%$;

(2) 机械分散态油:油珠粒径一般为 $10\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 的细微油滴,在污水中的稳定性不高,静置一段时间后往往可以相互结合形成浮油;

(3) 乳化态油:油珠粒径小于 $10\mu\text{m}$,一般为 $0.1\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$,这种油滴具有高度的化学稳定性,往往会因水中含有表面活性剂而成为稳定的乳化液;

(4) 溶解态油:极细微分散的油珠,油珠粒径比乳化油还小,有的可小到几个纳米,也就是化学概念上真正溶解于污水中的油;

(5) 固体附着油:吸附于污水中固体颗粒表面的油珠。

16. 污水中的油类因存在形式不同处理方法有哪些?

污水中的油类存在形式不同、处理的程度不同,采用的处理方法和装置也不同。常用的油水分离方法有隔油池、粗粒化(聚结)除油法、气浮除油法等。

17. 污水中的油类因其在水中的含量不同测定方法有哪些?

当水中油含量 $>10\text{mg/L}$ 时,可使用重量法进行测定。当水中油含量为 $0.05\text{mg/L} \sim 10\text{mg/L}$ 时,可使用非分散红外光度法、红外分线光度法和紫外分线光度法进行测定,其中紫外分线光度法是以分析臭味、毒性较大的芳烃为主,并不能包括所有的石油类。分散红外光度法和红外线度法使用的萃取剂是四氯化碳或三氯三氟乙烷,重量法和紫外分线光度法使用的萃取剂是石油醚。

18. 含酸碱性的污水在处理过程应注意哪些问题?

酸碱污水进入污水处理厂后,会导致活性污泥中的微生物生长受到抑制,直接影响二级处理出水的水质。酸性污水还会对输送管道、设备(如水泵)、构筑物(如曝气池)等均有腐蚀作用,尤其是一些有机酸,由于一般的防腐材料难以对其起到有效的防腐作用,常会造成不可预料的恶果。因此,在酸碱污水在排入污水处理