

高等学校教材

水与废水处理新技术

SHUI YU FEI SHUI CHU LI XIN JI SHU

主编 朱灵峰

西安地图出版社

水与废水处理新技术

朱灵峰 编著

西安地图出版社

图书在版编目(CIP)数据

水与废水处理新技术/朱灵峰编著. —西安地图
出版社, 2007. 8
ISBN 978 - 7 - 80748 - 139 - 3

I . 水… II . 朱… III . ①水处理 ②废水处理 IV . TU991.2
X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 131606 号

水与废水处理新技术

朱灵峰 主编

西字地图出版社出版发行

(西安市友谊东路 334 号 邮政编码:710054)

新华书店经销 河南省诚和印制有限公司印刷

787×1092 毫米 1/16 开本 21 印张 500 千字

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

印数 001 - 2000 册

ISBN 978 - 7 - 80748 - 139 - 3

定价:42.00 元

内容提要

本书比较全面、系统地介绍了近年来国内外研究开发的各类水与废水处理最新研究成果和技术。对新技术的原理、工艺流程、特征、处理效果和应用范围等作了较详细的介绍,并列举了一些应用实例。全书共分八章,主要内容有污水水质指标介绍、废水生物处理的技术回顾、强化混凝和强化过滤净水技术、活性炭吸附技术、高级氧化技术、废水厌氧处理新技术、膜分离技术和人工湿地污水处理反应器等。

本书可作为环境工程专业和给水排水工程专业本科生、研究生教材,也可作为从事水和废水处理工作的科学技术人员的参考书。

前 言

近年来,水污染防治和水环境保护受到了广泛重视,水与废水处理技术得到了深入研究和迅速发展,从而促使水质净化新方法、新工艺层出不穷,并得到了广泛应用。但对于环境工程专业来说,就目前所能选用的教材而言,其内容均远不能涵盖近年来水质净化的新方法、新工艺。因此,为了弥补这方面的不足,本书汇集了近年来国内外水与废水处理新技术的重要参考文献,比较全面、系统地介绍了近年来国内外研究开发的各类水与废水处理新技术,对新工艺、新流程的工艺原理、工艺特征、处理效果和应用范围等作了较详细的介绍,还列举了一些应用实例,书中所列的各类方法和技术,大多已通过生产实践的验证。因此,本书必将会对高校环境工程专业课程体系提供有益的补充,为从事水和废水处理工作的科学技术人员认识和了解废水处理技术的发展动向,学习和掌握废水处理新技术、新工艺的原理,从而指导工程实践。

本书共分八章,主要内容有污水水质指标介绍、废水生物处理的技术回顾、强化混凝和强化过滤净水技术、活性炭吸附技术、高级氧化技术、废水厌氧处理新技术、膜分离技术和人工湿地污水处理反应器。这些技术的基本原理、工艺流程、设计计算、工程实例及参考文献等将全部或部分在本书中予以介绍和阐述。

本书由华北水利水电学院朱灵峰教授任主编,张杰、李新宝、邵坚任副主编,李国亭、成庆利、张仙娥任参编。编写内容如下:朱灵峰编写第一章,成庆利编写第二章,李新宝编写第三章、第四章,李国亭编写第五章,张杰编写第六章,邵坚编写第七章,张仙娥编写第八章,朱灵峰和张杰对全书进行统稿和定稿,全书由杨崇豪教授主审。

在本书的编写过程中,编者参阅并引用了大量的国内外相关文献和资料,在此向所引用文献的作者致以诚挚谢意。本书在出版过程中,华北水利水电学院环境与市政工程学院领导给予了无私的指导和帮助,并得到了环境工程学科的资助,杨崇豪教授在百忙中对全书进行认真审阅,提出了许多宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中疏漏与不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者
2007.7

目 录

第一章 污水水质指标概论	1
第一节 总固体、悬浮物与浊度	1
第二节 BOD_{20} 与 BOD_5	8
第三节 COD_{Cr} 与 COD_{Mn}	9
第四节 UV_{254}	10
第五节 D 值和 lg 值	13
第二章 废水生物处理的技术回顾	14
第一节 废水生物处理基本原理	14
第二节 废水生物降解机理及微生物生态	27
第三节 自然条件下废水的天然自净方式——水体自净	39
第四节 废水生物处理工艺类型	47
第三章 强化混凝和强化过滤净水技术	59
第一节 强化常规净水工艺新技术的概念	59
第二节 强化混凝—沉淀(澄清)技术	62
第三节 强化过滤技术	84
第四章 活性炭吸附技术	105
第一节 活性炭吸附剂的选择设计	105
第二节 活性炭吸附工业性应用的操作方式	125
第三节 净水用活性炭再生模式	133
第四节 炭前预处理与炭后后处理	134
第五章 高级氧化技术	137
第一节 高级氧化技术的产生及分类	138
第二节 各高级氧化技术的研究与应用	140
第三节 高级氧化技术对污染物降解的适用性	178
第四节 高级氧化技术的发展方向	180
第六章 废水厌氧处理新技术	182
第一节 厌氧处理技术及其优势	182

第二节	厌氧生物处理原理·····	188
第三节	厌氧生物处理新技术·····	207
第七章	膜分离技术·····	233
第一节	概论·····	233
第二节	渗析·····	241
第三节	电渗析·····	243
第四节	反渗透·····	249
第五节	纳滤·····	256
第六节	超滤·····	257
第七节	微滤·····	259
第八节	液膜·····	262
第九节	膜分离生物反应器技术·····	267
第八章	人工湿地污水处理反应器·····	274
第一节	人工湿地构成·····	275
第二节	人工湿地类型·····	277
第三节	人工湿地净化机理·····	279
第四节	人工湿地系统的设计·····	284
第五节	人工湿地模型·····	289
第六节	国内人工湿地应用·····	305
第七节	存在问题及改进措施·····	318
参考文献 ·····		320

第一章 污水水质指标概论

从本质上讲,污水处理是对被污染的水体实施不同的工艺加工,以期达到不同水质目标而采用的一种实用工程方法。这些不同的水质目标如:

- GJ18—86《污水排入城市下水道水质标准》;
- GB3838—88《地面水环境质量标准》;
- GB8978—88《污水综合排放标准》;
- GJ3025—93《城市污水处理厂污水污泥排放标准》;
- GB5084—92《农田灌溉水质标准》;
- GJ251—89《生活杂用水水质标准》;
- GB4284—84《农用污泥质量标准》;
- GB/T18920《城市污水再生利用城市杂用水水质》;
- GB/T18921《城市污水再生利用 景观环境用水水质》等。

在所有这些国家或部颁标准中,都涉及到了许多水质指标。在污水处理中,常用的水质指标项目见表 1.1 所示。

表 1.1 污水处理常用水质指标

分 类		项 目
物理类		浊度、色度、温度、悬浮物、总固体、等
化学类	无机	PH、碱度、硬度、N、P、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、重金属、等
	有机	BOD_5 、 COD_{Cr} 、 COD_{Mn} 、TOC、 UV_{254} 、等
生物类		细菌总数、大肠菌群、等

表中所列水质有许多是大家都很熟识的,但其中有些指标可能并不被人们所了解,或者容易产生理解模糊和歧义。下面对这些容易产生模糊或歧义的水质指标,择其主要者进行诠释。

第一节 总固体、悬浮物与浊度

一 总固体(Total Solids, TS)

总固体(TS)是指水中所有杂质残渣之总和。

关于水中“杂质”之定义,仁者见仁,智者见智,各有侧重。从物理、化学家的角度,水中的非水杂质,是指存在于水这个连续介质场中的全部非水粒子物质,甚至小至原子离子;从生物学家角度,则是指水中有生命的细菌、微生物、浮游生物等;从地学家和沉积学家角度,

则是指大于 0.45 微米的实体颗粒物；而从环境水质学家角度，水中的非水杂质，如果按其粒径谱分，则见图 1.1 所示。

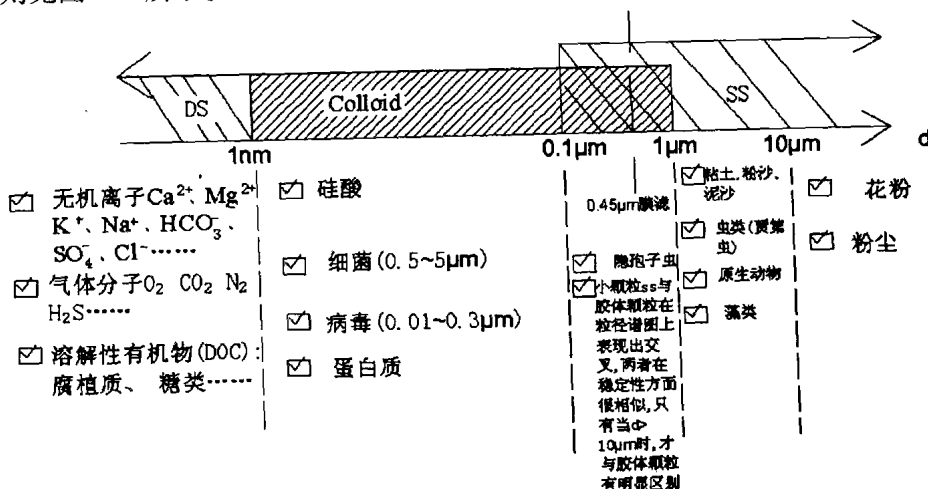


图 1.1 水中非水杂质粒径谱

从化学原理上看,通常把水中 $d < 1\text{nm}$ (其分子量大约 $< 1000D$) 的物质称为溶解物 (Dissolve solids, DS),因为它们已经与水形成了真溶液,属于稳定热力学体系;把水中 $1\text{nm} < d < 1\mu\text{m}$ 的物质称为胶体 (Colloid),因为对于 $d > 1\mu\text{m}$ 的颗粒,标志胶体粒子特征的布朗运动已经基本消失,胶体粒子在水中已具有物理界面,属于介稳的分散系;把水中 $d > 0.1\mu\text{m}$ 的物质称为悬浮物 (Suspended solids, SS),这些颗粒在水中具有明显的物理界面。由图 1.1 可见,小颗粒 SS 与胶体颗粒在粒径谱图上表现出了交叉,两者在水中由于布朗运动产生的动力学稳定性方面很相似。从水处理工程角度而言,凡沉降速度十分缓慢的胶体粒子及微小悬浮物,均被认为是“稳定”的。例如,粒径为 $1\mu\text{m}$ 的粘土悬浮粒子,自然沉降 10cm 大约需要 20h 之久,这在工程上表现为在停留时间有限的水处理构筑物内它不可能沉降下来,它们的沉降性可以忽略不计。只有 $d > 100\mu\text{m}$ 的 SS 在重力作用下可以很容易地从水中自然沉降分离。

图 1.1 清楚地给出了水中总固体 (TS) 的定义及分类,它包括了水中所有的非水杂质。因此,在《水和废水监测分析方法 (第四版)》中采用了让水样先在水浴上蒸干,然后放入 $103^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$ 烘箱内烘干到恒重,烘干后残留在蒸发皿中的物质称为总残渣,即总固体 (TS)。当然在 $103^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$ 下烘干,其中重碳酸盐将转化为碳酸盐,但有机物挥发逸出甚少。但由于在 105°C 下不易赶尽吸着水,故达到恒重很慢,实验是很麻烦的。

二 悬浮物 (Suspended solids, SS)

从图 1.1 的定义可见,水中悬浮物是指 $d > 0.1\mu\text{m}$ 的颗粒,但由于其在粒径谱图上与胶体颗粒出现了交叉,二者在实验操作层面上很难区分。故在水质分析中,是将水样用 $0.45\mu\text{m}$ 孔径的滤膜来进行分离,把截留在 $0.45\mu\text{m}$ 滤膜上的固体物认定为悬浮物 SS,故又称其为不可滤残渣。把透过 $0.45\mu\text{m}$ 滤膜的滤液中的物质称为溶解固体 DS,又称其为可滤残渣。

为什么是 $0.45\mu\text{m}$ 滤膜呢? 这大概是从地学家和沉积学家的角度考虑。不过事实上大部分粘土、其他矿物质微粒、动植物降解残渣、细菌、水藻等粒度均在 $0.45\mu\text{m}$ 以上。使用 $0.45\mu\text{m}$ 滤膜的标准, 是我国的规定(《水与废水监测分析方法(第四版)》)。也有些国家要求做 SS 实验时要使用 $0.22\mu\text{m}$ 滤膜。因此, 我们在报道自己研究成果的论文中, 当涉及 SS 时, 一定要注明是使用 $0.45\mu\text{m}$ 滤膜的实验方法。

从分离实验操作上考虑, 图 1.1 表示的水样中的总固体(TS)由两部分构成: SS 与 DS。SS 滤渣中包含有 $d > 0.45\mu\text{m}$ 的胶体及悬浮物颗粒; DS 滤液中包含有 $d < 1\text{nm}$ 的溶解物、 $1\text{nm} \sim 0.45\mu\text{m}$ 的胶体及微小悬浮物颗粒。见图 1.2 所示。

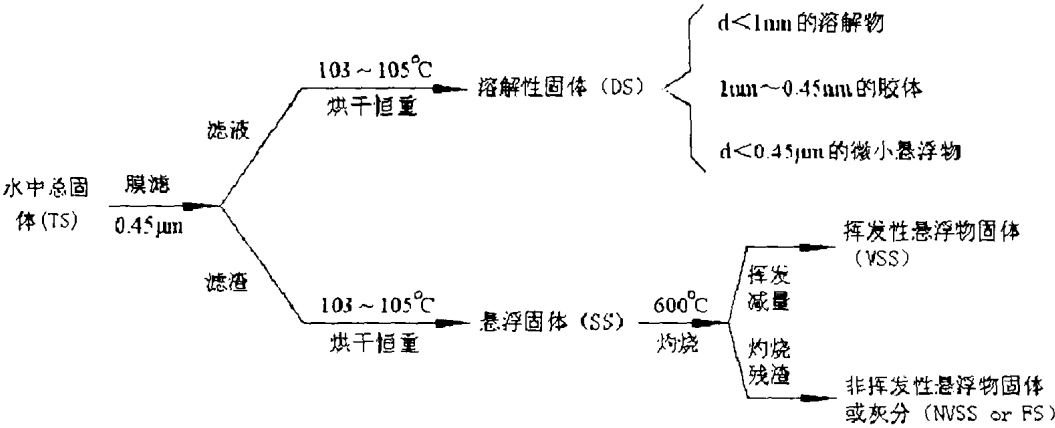


图 1.2 水中 TS、DS、SS 组成图

即有关系式:

$$\text{TS} = \text{DS} + \text{SS} = \text{DS} + \text{VSS} + \text{FS} \quad (1.1)$$

在水和废水处理中, 测定悬浮物具有特定意义。它可以反映水体污染的程度。SS 本身就是污染物, 更重要的是它们与其他微污染物相互作用并成为其载体, 在很大程度上决定着微污染物在环境中的迁移、转化和循环归宿。由上述内容可见, 在测 SS 时同样采用了烘干、恒重等操作步骤, 因此实验麻烦, 一定要耐心、细致才行。

三 浊度(Turbidity)

水中 SS 反映了水体污染的程度。但是实验测定 SS 费力费时, 这对于水处理工程中要求做到在线、实时测量信息并迅速反馈控制确有困难。能否利用 SS 的其他替代参数来实现其在线、实时、迅速、反馈、控制操作呢?

浊度就是一个用来反映水中 SS 的水质替代参数。水的浊度被定义为水的浑浊程度。它是用光学的方法来测量水中微粒物质所产生的光学效应。一般来说, 未经处理的废水其浊度与悬浮固体浓度之间不存在规律性的定量关系。但是美国 Tchobanoglous, G 教授指出, 来自活性污泥处理过程沉淀和过滤的二次出水, 其浊度与总悬浮固体之间却存在着合理的关系, 其一般形式如下:

$$\text{TSS} \approx (\text{TSS}_t)(T) \quad (1.2)$$

式中, TSS—总悬浮物固体, mg/L ,

TSS_T —将浊度读数转换为总悬浮物固体的系数 (mg/L TSS)/ntu

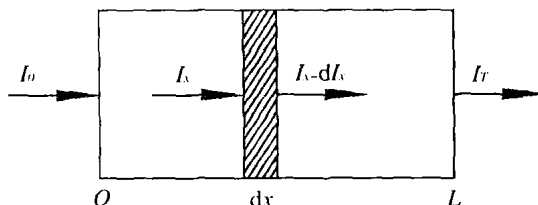
T—浊度, ntu

当水中微粒直径远小于入射光波长时(约小于 20 倍), 粒子对光的作用主要是散射。在微粒 d 从小于入射波长到大于入射波长范围内, 粒子对光都有散射作用。当水中颗粒直径大于入射波长时, 颗粒对光的作用逐渐变为以反射和折射为主(有的著作上称之为前角散射和后角散射), 从整个物系看, 表现出很强的漫散射效果。

由于废水是一个复杂的分散系, 它既包括小分子、离子, 又包括胶体粒子、SS 等, 粒径从远小于入射波长到大于入射波长均有, 因此在光照射下, 既有散射光强度, 又有透射光强度。如果我们通过测量透射光强度来确定水样的浊度, 则称之为水样的透射光浊度 (ttu)。

而通过测量散射光强度来确定水样的浊度, 则称之为水样的散射光浊度 (ntu)。为了避免水中有机物对 500nm 以下的光波有明显的吸收干扰, 我国在《水与废水监测分析方法(第四版)》中规定在 680nm 波长下测定浊度, 可以避免天然水中存在的淡黄色、谈绿色等色度的干扰。有的国家则规定在入射波长为 660nm 条件下测定。

(一) 透射光浊度 (ttu)



设 dx 薄层水中微粒对入射光没有吸收, 因散射使透射光强度衰减了 dI_x , 于是有衰减方程

$$-dI_x = I_x K dx$$

即衰减量与入射量光强度 I_x 、薄层厚度 dx 成正比, 比例系数为 K , 于是有

$$\frac{-dI_x}{I_x} = K dx \quad (1.3)$$

即衰减率与光程有关, 比例系数称为透射光浊度。对(1.3)式积分,

$$\int_{I_0}^{I_T} \frac{-dI_x}{I_x} = \int_0^L K dx$$

得

$$I_T = I_0 e^{-KL} \quad (1.4)$$

式中, I_T 为透射光强度, I_0 为入射光强度, L 为比色皿光程长度, 两边取对数, 得:

$$\ln \frac{I_0}{I_T} = KL$$

转换为常用对数表示, 得:

$$\lg \frac{I_0}{I_T} = \frac{1}{2.303} KL$$

在分光光度法中, 定义消光度 A 为: $A = \lg \frac{I_0}{I_T}$

亦称吸光度 (Absorbance), A 代入上式, 得:

$$K = 2.303AL \quad (1.5)$$

K 即为仪器测得的水样的透射光浊度 (ttu)。实验室常用的分光光度计有 721、751 型分光光度计, 入射波长为 680nm。

(二) 散射光浊度 (ntu)

通过测量散射光强度来确定水样的浊度, 称之为水样的散射光浊度 (ntu)。

由于水中存在有大小不同的颗粒, 不同粒径的颗粒对光的散射效应如图 1.3 所示。

由图可见, 随着颗粒粒径与波长比 (d/λ) 的增大, 散射光强的分布逐渐沿入射光的方向伸展, 这表明前角散射光增强, 后角散射光减弱。因此, 散射光浊度显然与散射光的接收角度有关。如果我们能把散射光全部收集起来, 岂不更好! 于是在仪器设计时, 以对散射光积分的方法来测定散射光浊度, 既可以提高仪器的灵敏度又可以避免因散射光接收角度的不同而引起的差异。

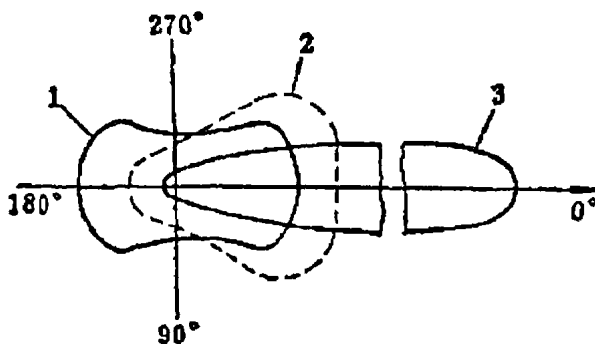


图 1.3 不同粒径颗粒对光的散射效应

(1— d/λ 的颗粒, 2— d/λ 的颗粒, 3— d/λ 的颗粒)

图 1.4 是一种 He—Ne 激光实验型柱积分式散射光浊度仪示意图。图中虚线的左面为仪器的传感器部分。参比光束是为了消除激光强度波动对测量结果的影响。测量光束通过内径为 2mm 的比浊管时, 与管内水样中的微粒作用, 其散射光被柱状光电池接收, 转换成光电流, 经放大后由显示仪表显示。光吸收器 (光阱) 的作用是吸收透射光, 降低干扰。He—Ne 激光器的波长为 632.8nm。设比浊管内的试样中颗粒对入射光无吸收, 于是散射光强为:

$$I_n = I_0 - I_T$$

式中, I_0 为入射光强; I_T 为透射光强, 可由 (1.4) 式给出。

将 (1.4) 式代入得

$$I_n = I_0 (1 - e^{-KL})$$

当浊度 K 较小、光程 L 较短时, 即 $KL \ll 1$, 上式得

$$I_n \approx I_0 KL \quad (1.6)$$

由 (1.6) 式可见, 散射光强与水样浊度有近似的线性关系。

(三) 积分球浊度

上述的透射浊度仪只测了透射光强, 散射浊度仪只测了散射光强。但是水样中的颗粒

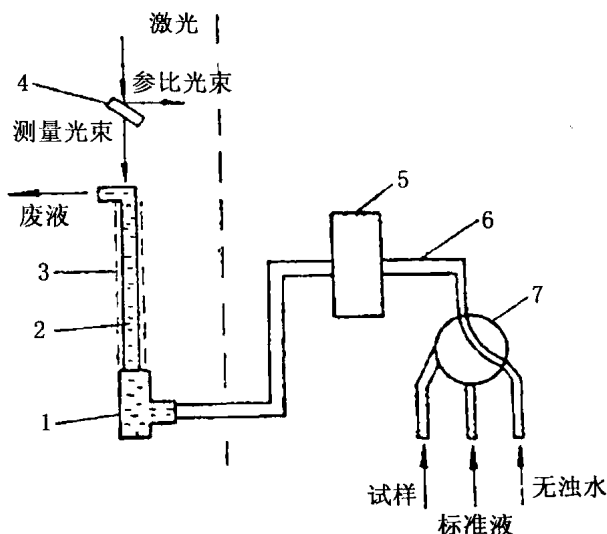
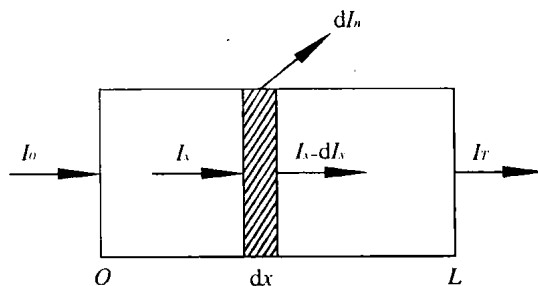


图 1.4 柱积分式散射光浊度仪

在光照下既有散射光强,又有透射光强,只测一种,难免失之偏颇。于是就产生了积分球浊度仪的发明,把散射光强和透射光强都收集起来。



当入射光射入水样时,由于同时存在有散射和吸收,设 h 表示水样对光的吸收系数, k 表示水样浊度,于是光通过薄层水后,透射光衰减量为 dl ,即

$$-dI_x = I_x (h + k) dx \quad (1.7)$$

解此微分方程得

$$I_x = ce^{-(k+h)x}$$

将 $x=0$ 时, $I_x = I_0$ 代入上式,得 $c = I_0$,即

$$I_x = I_0 e^{-(k+h)x} \quad (1.8)$$

再将 $x=L$ 时,代入上式

得

$$I_T = I_0 e^{-(k+h)L} \quad (1.9)$$

设薄层水样 dx 处产生的散射光强为 dI_n 于是有

$$dI_n = I_x k dx \quad (1.10)$$

将(1.8)式代入(1.10)式,并积分得总散射光强为

$$I_n = \int_0^L dI_n = \int_0^L I_0 k e^{-(k+h)x} dx$$

即

$$I_n = \frac{kI_0}{k+h} [1 - e^{-(k+h)L}] \quad (1.11)$$

定义散射光强与透射光强之比为积分球浊度,即由(1.9)、(1.11)式得

$$\frac{I_n}{I_T} = \frac{k}{k+h} [e^{-(k+h)L} - 1]$$

将 $(k+h)L=1$ 上式按泰勒级数展开

$$\frac{I_n}{I_T} = \frac{k}{k+h} [1 + (k+h)L + \frac{(k+h)^2 L^2}{2!} + \dots - 1]$$

当 $(k+h)L=1$ 时,得

$$\frac{I_n}{I_T} = \frac{k}{k+h} (k+h)L = KL \quad (1.12)$$

由(1.12)式可见,在浊度较小,光程较短,吸收较弱时,积分球浊度(I_n/I_T)与呈线性关系。积分球浊度仪见图1.5所示。

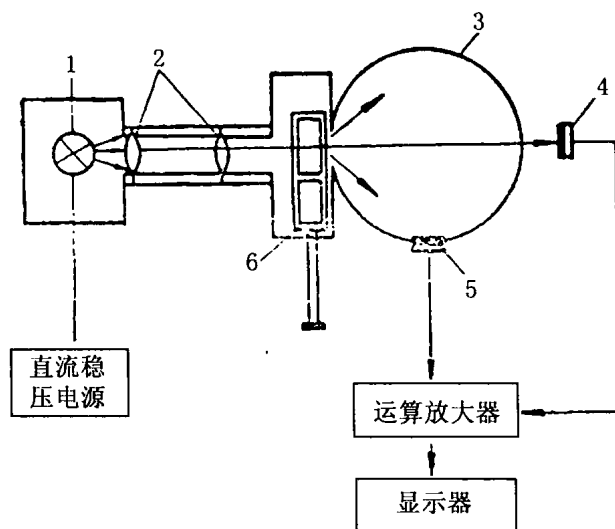


图 1.5 积分球浊度仪原理

灯泡发出的光经准直透镜变为平行光束,通过样品杯时,一部分光被散射,其中的前角散射光进入积分球,由光电转换元件转换成与散射光强 I_n 成正比的电信号。还有一部分光透过样品,穿过积分球到达另一光电转换元件,转换成与透射光强 I_T 成正比的电信号。两个信号同时输入除法器作除法运算。并由显示器直接显示出水样的积分球浊度值(I_n/I_T)。

(四) 浊度值与测试方法的关系

用光学方法测某一水样的浊度时,在实验操作上总是先用福尔玛肼标准浊度液绘制浊度的标准曲线,然后再在同样条件下测实验水样的吸光度值,然后在标准曲线上查得实际水样的浊度值。

无论用透射光法、散射光法还是积分球法,对同一标准浊度液进行测量,都应得到相同的浊度值。但是,当用不同方法对同一实际水样测量时,因其物系组成与标准液存在差异,所以它对不同测试方法所呈现的光学效应也不同,这样,用不同方法测同一实际水样时将会

得到不同的结果。因此,我们在报道自己的科研成果时,若涉及浊度时应当指明你所采用的测试方法及测试仪器。

第二节 BOD₂₀与 BOD₅

水中有机污染物被好氧微生物分解时所需的氧量称为生化需氧量(BioChemical Oxygen Demand, BOD),它反映了在有氧条件下水中可生物降解的有机物的量。在水处理工程上,经常把 BOD 用作衡量水体中有机污染程度水质指标的一个替代参数。并把 BOD 与 COD 的比值,作为废水可生化降解难易程度的一个判断指标。如果在 20℃ 下,生化培养 20 天,测得的 BOD 量称为 BOD₂₀;如果在 20℃ 下,生化培养 5 天,测得的 BOD 量称为 BOD₅。

设废水中,有机碳的总碳化 BOD(CBOD)量为 UBOD(mg/L)。

做 BOD 试验时,在某一时刻(mg/L)水样中剩余的有机碳的 BOD 量为 BOD_r(mg/L)。

设 BOD_r 的生化降解速率为一级反应速率,则 BOD_r 的降解反应方程式为

$$\frac{dBOD_r}{dt} = -k_1 BOD_r \quad (1.13)$$

式中, k_1 为一级反应速率常数(d^{-1})

对(1.13)式积分

$$\int_{UBOD}^{BOD_r} \frac{dBOD_r}{BOD_r} = \int_0^t -k_1 dt$$

得

$$\frac{BOD_r}{UBOD} = e^{-k_1 t}$$

即在 t 时刻(d)水中有机物的残余量为

$$BOD_r = UBOD e^{-k_1 t}$$

亦即在时刻测得的 BOD_t 的量为

$$BOD_t = UBOD - BOD_r = UBOD(1 - e^{-k_1 t}) \quad (1.14)$$

由于废水的一级反应速率常数 k_1 为 $0.23d^{-1}$ (20℃),于是当 $t=5$ 时(经过 5d 生化培养)得

$$BOD_5 = UBOD(1 - e^{-0.23 \times 5}) = UBOD(1 - 0.32) = 0.68UBOD \quad (1.15)$$

由式(1.15)可见,5 日生化需氧量(BOD₅)是水中有机碳总碳化 BOD(CBOD)量的 68%。

当 $t=20d$ 时(经过 20d 生化培养)得

$$BOD_{20} = UBOD(1 - e^{-0.23 \times 20}) = UBOD(1 - 0.01) = 0.99UBOD \quad (1.16)$$

由式(1.16)可见,20d 生化需氧量(BOD₂₀)是水中有机碳总碳化 BOD(CBOD)量的 99%。

研究指出,水中有机污染物被微生物降解时的生化需氧量 BOD 事实上分成两个阶段进行。第一阶段为碳化作用,完成碳化作用的需氧量称为碳化需氧量(CBOD)。第二阶段为硝化作用,硝化作用的需氧量称为硝化需氧量(NBOD)。见图 1.6 所示。

由于硝化菌的世代较长,启动慢、繁殖慢、反应慢,一般在碳化阶段开始后的 5~7d,甚

至 10d 才能繁殖出一定数量的硝化菌。而且,由于硝化菌是自养菌,若水中有过高的 BOD 值时,碳化细菌(异养菌)繁殖的竞争优势会明显抑制硝化细菌(自养菌)的繁殖,微生物相中硝化菌的比例会下降。见表 1.2 所示

表 1.2 BOD₅/TKN 比值与硝化菌所占比例的关系

BOD ₅ /TKN	硝化菌所占比例	BOD ₅ /TKN	硝化菌所占比例
0.5	0.35	5	0.054
1	0.21	6	0.043
2	0.12	7	0.037
3	0.083	8	0.033
4	0.064	9	0.029

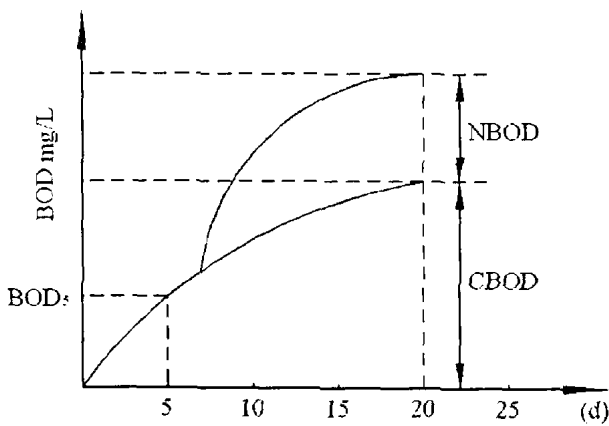


图 1.6 两阶段生化需氧量曲线

因此,只经过 5d 的生化培养,所测得的 BOD₅ 反映的是 CBOD,没有受到 NBOD 的干扰。且由式(1.15)知

$$BOD_5 \approx 0.68UBOD$$

已接近 70% 降解量,可以用来反映水中可生物降解的有机物量了。如果采用 20d 生化培养期,则实验得到的 BOD₂₀ 事实上已经包括了二项内容,即 CBOD 和 NBOD。可见,采用 BOD₅ 来反映水中有机物污染程度是合适的。而且 5d 的培养,显然比用 20 的培养在时间上已经缩短了很多。但是,如果从水处理工程角度看,我们需要的是能够在线、实时、快速、可反馈控制的水体污染状况信息量,从这一点要求看,BOD₅ 仍然不能满足要求。

第三节 COD_{Cr} 与 COD_{Mn}

BOD 测试的是水体中可生物降解的有机物的量。BOD₅ 是经过 5d 培养的测试结果。5d 的时间在水处理工程中仍嫌太慢,难以及时指导生产实际。另外,如果水体中难生物降解的有机物浓度较高,测出的 BOD₅ 结果误差就较大。

如果我们用强氧化剂(我国规定用重铬酸钾),在酸性条件下,将有机物氧化成 CO_2 与水所消耗的氧量来表示水中有机物的多少,称为化学耗氧量(Chemical Oxygen Demand, COD_{Cr})。右下角标 Cr 表示强氧化剂用的是重铬酸钾。由于重铬酸钾的氧化能力极强,可以较完全地氧化水中各种性质的有机物,如对低直链化合物的氧化率可达 80% ~ 90%。因此, COD_{Cr} 能较完整地反映水中有机物情况。但是,水样中的还原性无机物也会与重铬酸钾反应,可能造成 COD_{Cr} 的升高。就实验操作而言,与 BOD_5 相比, COD_{Cr} 在 2 个多小时内就可完成试验。现在业已开发出 COD_{Cr} 快速测定仪,大约 15 min 就可完成试验,获得结果。做 COD_{Cr} 试验时,水中大部分有机物可氧化,但吡啶、芳香族不易氧化,挥发性直链脂肪族化合物、苯存在于蒸汽相中,氧化不明显。 Cl^- 能被氧化,并与 Ag_2SO_4 作用生成沉淀,可适当加入适量 HgSO_4 络合,消除干扰。

COD_{Cr} 与 BOD_5 之间的关系如图 1.7 所示。

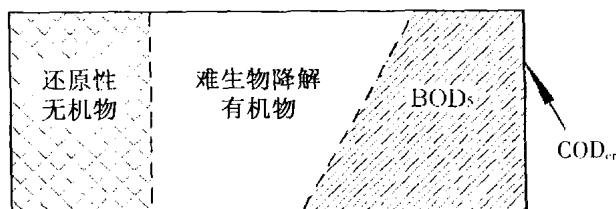


图 1.7 COD_{Cr} 与 BOD_5 量的关系

可见, $\text{COD}_{\text{Cr}} > \text{BOD}_5$ 。

通常认为 COD_{Cr} 与 BOD_5 之差值,大致等于难生物降解有机物量。于是,把 $\text{BOD}_5 / \text{COD}_{\text{Cr}}$ 的比值用来衡量污染水体可生化降解的程度,称为可生化指标。一般认为可生化指标大于 0.3 的污水才适宜采用生物处理。也有的文献上称可生化指标要大于 0.45 才适宜进行生化处理。

如果我们把强氧化剂改用高锰酸钾,则所得结果称之为 COD_{Mn} ,又称高锰酸盐指数,或称耗氧量。

由于高锰酸钾其氧化能力较重铬酸钾弱,测出的耗氧量也较低。即 $\text{COD}_{\text{Mn}} < \text{COD}_{\text{Cr}}$ 。

ISO 建议, COD_{Mn} 适用于测定地表水、饮用水和生活污水。 COD_{Mn} 分酸性法与碱性法两种情况。酸性法适用于 $\text{Cl}^- < 300\text{mg/L}$ 的水样,碱性法适用于 Cl^- 浓度较高的水样。

当 $\text{COD}_{\text{Mn}} > 5\text{mg/L}$ 时,需要把水样稀释后再进行测定。

第四节 UV_{254}

废水中有许多可以强烈吸收紫外线的有机物,如腐殖质、木质素、鞣酸、不饱和烃和各种芳香族化合物,在 200 ~ 400nm 区都有强烈吸收光谱,尤其在 220 ~ 260nm 处有强烈的吸收峰。一般人们使用最多的是 254nm 波长。而普通无机盐类(除了过渡金属离子)在 250nm 以上都无明显吸收。

于是,在上世纪 70 年代就有人提出将紫外吸光度作为评价水中有机污染物的指标。紫外光测定水中溶解性有机物,使用波长为 253.7nm,其吸光度的大小间接反映了水中有机物