

国家环境保护局岗位培训教材

环境污染控制技术

编著 张伟良等

SWAN

中国环境科学出版社

环境污染控制技术

国家环境保护局宣教司教育处

编著 张伟良 季学李
王谔贤 陈绍伟

中国环境科学出版社

(京)新登字 089 号

内 容 简 介

本书是环境保护监测管理人员及技术人员培训教材,全书共分四篇十八章,讲解了水、气、噪声和固体废物污染控制技术,针对了各污染源和物的性质、特点和污染机理;分别介绍了适用控制方法,以及资源循环使用、综合利用的经验和对策,适合监测管理人员、技术人员学习参考。

环境污染控制技术

国家环境保护局宣教司教育处

编著 张伟良 季学李

王 湜贤 陈绍伟

责任编辑 夏伟松

*

中国环境科学出版社出版

北京崇文区北岗子街 8 号

长沙环境保护学校印刷厂印刷

新华书店总店北京科技发行所发行 各地新华书店经售

*

1995 年 2 月第 1 版 开本 850×1168 1/32

1995 年 2 月第 1 次印刷 印张 11.25

印数 0001—5,000 字数 200,000

ISBN 7-80093-812-3/X · 958

定价 12 元

出版说明

为了提高监测工作中的水平,实行持证上岗制度,国家环保局委托国家环保局同济大学环境保护技术干部培训中心(以下简称培训中心)先行承担全国环境监测站站长岗位培训任务。为此,于1987年10月,国家环保局宣教司教育处在上海同济大学组织召开了全国环境监测站站长岗位培训工作会议,与会专家教授认真研究并制定了监测站长岗位培训教学计划、大纲和教材内容范围,确定由“培训中心”组织有关教授编写岗位培训教材,并于1988年10月至1989年1月,“培训中心”举办了第一期全国环境监测站站长岗位培训班,到1993年末共办了九期培训,为提高监测站长工作水平,推动环境监测工作的发展,作了有益的探索,积累了经验。在此基础上国家环保局宣教司教育处和国家环保局岗位培训教材编审委员会于1992年在上海同济大学再次组织召开了监测站长岗位培训教材编审会议,还邀请了部分省市参加过培训的监测站长参加,进一步审定了经多年实践的教材内容和教学方式,要求对教材进行调整、充实和完善,使之更具有科学性、系统性和适用性,从而成为相对稳定的岗位培训规范教材,在教材内容组织上满足方便自学,达到缩短集训时间。认定了环境监测、环境管理、环境评价、环境污染控制技术、环境系统工程、环境数学和环境工程计算机技术应用等七门课程,作为全国环境监测站站长岗位培训的指定教材,由“培训中心”组织编写,并经国家环保局岗位培训教材编审委员会审定,由国家环保局宣教司教育处组织出版。这套教材可适用于从事环境管理和监测工作人员,以及大专院校环境科学专业人员学习参考。

前 言

本书是全国环境监测站站长岗位培训班的教学用书。也可供从事环境监测工作的技术管理干部作为阅读参考。由同济大学教师编写。

全书分为四个部分。第一篇水污染控制技术由张伟良编写；第二篇大气污染控制技术由季学李编写；第三篇噪声污染控制技术由王诤贤编写；第四篇固体废弃物污染控制技术由陈绍伟编写。

本书教学为 20 学时，考虑到学员自学，编写内容作了一些扩展。由于我们的理论和实践水平的限制，可能会有错误，热忱地希望读者提出批评和意见。

21877861

目 录

第一篇 水污染控制技术

第一章 废水的性质及其出路	(1)
第一节 废水的来源	(1)
第二节 废水的性质	(2)
第三节 废水的出路	(9)
第四节 废水的处理方法	(11)
第二章 废水的物理处理	(15)
第一节 隔滤法	(15)
第二节 沉淀法	(18)
第三节 浮上法	(25)
第三章 废水的生物处理	(29)
第一节 活性污泥法	(32)
第二节 生物膜法	(45)
第三节 厌氧处理	(57)
第四章 废水的化学处理和物化处理	(66)
第一节 化学混凝	(66)
第二节 中和	(71)
第三节 氧化还原法	(75)
第四节 萃取法	(77)
第五节 吸附	(79)
第六节 离子交换法	(80)

第二篇 大气污染控制技术

第一章 大气污染的发生和防治	(83)
第一节 大气污染的发生	(83)

第二节	大气污染的防治	(88)
第二章	大气污染源控制	(92)
第一节	大气污染源	(92)
第二节	燃烧过程的污染控制	(95)
第三节	生产过程的污染控制	(101)
第四节	交通污染控制	(104)
第三章	颗粒污染物净化	(108)
第一节	颗粒物净化方法和设备性能	(108)
第二节	重力沉降和惯性分离	(111)
第三节	离心分离	(116)
第四节	静电沉积	(126)
第五节	过滤	(143)
第六节	洗涤	(155)
第四章	气态污染物净化	(163)
第一节	气态污染物的净化方法	(163)
第二节	吸收	(164)
第三节	吸附	(185)
第四节	催化转化	(196)
第五节	燃烧	(207)
第六节	冷凝	(212)
第五章	废气净化系统	(217)
第一节	废气净化系统的构成和方案确定	(217)
第二节	净化系统设计的基本原则	(221)

第三篇 噪声污染控制技术

第一章	声音的传播和计量	(238)
第一节	声音的传播	(239)
第二节	波长、频率和声速	(240)
第三节	声波的反射、衍射、透射和声源的指向性	(242)
第四节	声压级和声功率级	(249)
第五节	声压级的合成	(251)
第六节	响度和响度级	(253)

第二章 环境噪声测量技术.....	(256)
第一节 测量仪器	(256)
第二节 测量方法	(262)
第三章 环境噪声评价方法和允许标准.....	(267)
第一节 环境噪声评价方法	(267)
第二节 噪声允许标准	(275)
第四章 城市环境噪声的控制.....	(284)
第一节 城市噪声的来源	(284)
第二节 交通噪声的预测及其特性	(288)
第三节 城市环境噪声的控制	(292)
第五章 工业噪声控制.....	(301)
第一节 工业噪声控制的设计程序	(301)
第二节 工业噪声控制技术	(305)

第四篇 固体废弃物污染控制技术

第一章 概 述.....	(323)
第一节 固体废弃物的基本概念	(323)
第二节 固体废弃物的处理处置与再资源化利用	(326)
第二章 主要的工矿业固体废弃物的处理与利用宗旨.....	(328)
第一节 主要的工矿业固体废弃物的组成及利用对策	(328)
第二节 主要工矿业废弃物的处理和处置	(330)
第三章 城市垃圾的处理.....	(334)
第四章 国外资源综合利用的经验与对策.....	(345)

第一篇 水污染控制技术

第一章 废水的性质及其出路

第一节 废水的来源

日常人们所说的废水,按其产生的来源,一般可以分为生活污水、工业废水和雨水三种。生活污水是指厨房水、粪便水、洗澡水、衣服洗涤水等等的总称。其中污染物质有机物约占 70%,无机物约占 30%。包含大量的病菌和细菌,具有消耗环境氧量与传播疾病的危险。生活污水的水量和水质随季节的变化而变化。一般夏季污水量多,但污染质浓度较低,冬季则量少质浓。工业废水顾名思义是指工业生产中排放出来的废水。包含了生产过程中耗用的原料、生产过程的中间体、产物或副产物等。水质比较复杂。它决定于工业类别、原料品种、工艺过程等,可以有各种不同量和质的污染物,如有机污染物、无机污染物、毒物、酸碱、油类、色度等。此外,由于工业生产中排出的水,一般水温较原来的要高,往往会加剧对环境的污染。雨水是指降雨时水冲刷地面后进入下水道或水体的水。这类废水中污染物较少,如果采用自然出流,对环境影响不大。对于采用分流制下水道系统的新建城市,雨水单独收集、单独排放,污染较小。对于原先采用合流制系统的老城市,雨水将对城市污水处理厂形成较大的水力冲击负荷。

第二节 废水的性质

一、废水的物理性质

(1)温度。水温是常用的物理指标之一。由于水温对废水的物理处理、化学处理和生物处理具有影响,通常必须加以测定。

一般来说生活污水的温度变化不大,年变化在 $10\sim 25^{\circ}\text{C}$ 之间。而工业废水的温度同生产过程有关,变化较大。大量高温的工业废水直接排入水体,将会影响水生生物的正常生活;如果进入污水处理厂,也将对生物处理不利。而对水温的测定,一般宜在现场进行,测定点应与取样点保持一致。

(2)色度。废水由于其含有各种不同的杂质,常显现出不同的颜色。新鲜的生活污水呈灰褐色,存放时间稍长后转为黑色。工业废水常因含有有机或无机物料、生物色素、无机盐和有机添加剂等,而具有不同的颜色。废水的色度在进入环境后,会对环境造成表观污染。排入水体后,会减弱水体的透光性,影响水生生物的生长。

造成废水色度的杂质,可以是悬浮、胶体或溶解状态的。在水质分析中,衡量水色程度的指标为色度。色度测定的水样中必须去除其悬浮物质。一般用比色分析法加以测定。如不能使用比色法时,也可用文字描述与稀释倍数相结合的方法来表示。

(3)气味。被污染的水,常常能闻到一股不正常的气味,或叫臭味。根据臭味的强弱、味道,可以大致推测废水中所含杂质或有害成份。在废水处理过程中,废水的气味有助于了解处理工艺的运行状况。例如新鲜的生活污水只具有霉味,若有其它气味,说明可能存在工业废水或特殊生活污水。如在好氧处理工艺过程中闻到了 H_2S 的臭皮蛋气味,说明好氧处理运行控制有误,必须加以调整。

气味的测定目前仅凭人们的嗅觉器官分辨。通常用六级强度

法和嗅限值法。

(4)悬浮固体。废水中的固体含量通常用总固体、悬浮固体和溶解固体来表示。而在废水处理中最常接触到的是悬浮固体这个指标。悬浮固体是总固体中处于悬浮状态的那部分。在废水处理中一般用沉淀和过滤的方法使它们从废水中分离开来。悬浮物的去除率是衡量废水处理效果或沉淀效果的重要指标。悬浮固体由有机物和无机物组成。在废水生物处理中又常常用挥发性悬浮固体(VSS)和非挥发性悬浮固体(NVSS)表示。挥发性悬浮固体代表了悬浮固体中的有机部分。在生活污水中约占70~80%。但在工业废水中其所占比例差异甚大。因此,如测定的悬浮固体中挥发性部份所占比例较大,在废水生物处理中,应尽可能采用沉淀法先将这部份有机污染物质去除。非挥发性悬浮固体是废水中的惰性固体,由于这部份悬浮固体的存在,无论采用什么处理工艺流程,都将产生泥量。沉淀设备中沉淀下来的物质,如果主要是有机物质常称为污泥,如果主要是无机物质,常称为沉渣。

溶解固体(DS)在废水中含量的多少,在一定程度上也将影响废水的处理过程。一般说来,溶解固体越多,说明废水中所含溶解盐类也越多。过多的溶解固体,将对某些废水处理带来影响。如在废水生物处理中,对溶解固体浓度允许值约为16克/升,氯化物(以 Cl^- 计)约为10克/升;在废水物化处理中,当采用离子交换法处理废水时,过高的溶解固体含量,将产生较大影响,甚至不宜采用此法。

二、废水的化学性质

(1)有机物。废水中的有机物质种类繁多,比较复杂,生活污水中的大量的有机物,主要来自人体的排泄物、洗涤污物、食物残屑等。而工业废水中的有机物有动植物纤维、油脂、糖类、染料、有机酸等。当这些有机物排入水体时,由于进行氧化分解的需要,会大量地消耗水中的溶解氧,当耗氧的速率大于水体的溶氧速率时,水

中的溶解氧量甚至会几近于零,这些有机物在缺氧的条件下就会发生腐败发酵,恶化水质,破坏水体。在这种情况下,水生生态将失去平衡,水生生物的生长受到抑制甚至死亡。当有毒的有机物进入水体时,将会直接危害人体健康。因此,如何控制排入水体的废水中的有机物浓度,减少水体受有机物质的污染,是非常重要的。当然,废水中的有机物质,又是废水生物处理系统中大量存在的微生物的极好营养,它们很易为微生物降解。只有纤维素、木质素等天然有机物质较难降解。

测定废水中有机污染物数量的指标,目前常用的有生物化学需氧量(简称生化需氧量)和化学需氧量两种。前者用 BOD 来表示,后者用 COD 来表示。

生化需氧量是一个反映水中可降解的含碳有机物的含量以及排到水体后所产生的耗氧影响的指标。它并不反映具体的(某一种的)有机物含量,而只间接地反映能为微生物分解的有机物的总量。

废水中可为微生物降解的有机物,可在好氧性微生物的作用下分解。微生物在分解这些有机物过程中消耗了水中的溶解氧,因此在一定条件下消耗的溶解氧的量,可反映被微生物分解的有机物的量。这个溶解氧的量就称为生化需氧量。微生物分解有机物的速度与温度有关,温度较高时,分解较快,反之则较慢。因此,生化需氧量是在一定温度下的生化需氧量,通常以 20°C 为温度控制条件。微生物分解有机物的量也与时间有关。在一定温度及氧充分且有足够的可供分解的有机物条件下,分解时间长,被分解的有机物量就多,生化需氧量也就高。通常所指的生化需氧量以 5 天为时间控制条件。综合而言,微生物在 20°C 条件下,对有机物经过 5 天的分解,有机物分解前后水中溶解氧的差值称为五天 20°C 的生化需氧量,以 $\text{BOD}_5(20^{\circ}\text{C})$ 或 BOD_5 来表示。当然也可以在其它温度条件下,时间也可以不是 5 天,但在把测试数据相互比较时,应该在相同的测试条件下,否则就没有可比性了。对于一般的废水经

五天生化过程,碳化已进行了大半,硝化也将开始,大量吸氧阶段已经过去。因此,用 BOD_5 作为有机污染的一个指标,还是可以的。当然,即使温度、时间相同,但由于测定时操作条件不完全相同(如接种量、稀释后水样中的溶解氧值等),也可能使废水的 BOD 值不同,由此可见,保持一个相同的测试条件,是非常不容易的。

化学需氧量是反映废水中有机物量的另一个指标。它是在高温、有催化剂以及强酸环境等条件下,强氧化剂氧化有机物所消耗的氧的量。这个氧化反应不但能氧化为微生物所能降解的有机物,也能氧化为微生物不能降解的有机物,因此 COD 值比 BOD_5 值要高。 COD 值可分为可生物降解的有机物的 COD 值(以 COD_B 表示)和微生物不能分解的有机物的 COD 值(以 COD_{NB} 表示)两部分。即

$$COD = COD_B + COD_{NB}$$

而据研究

$$COD_B = 1.72BOD_5$$

因而,可以改写为 $COD = 1.72BOD_5 + COD_{NB}$

根据上式,对于不同浓度的同一废水,分别测定 COD 、 BOD_5 ,可以作出 $COD-BOD_5$ 的关系图(见图 1.1.1)。

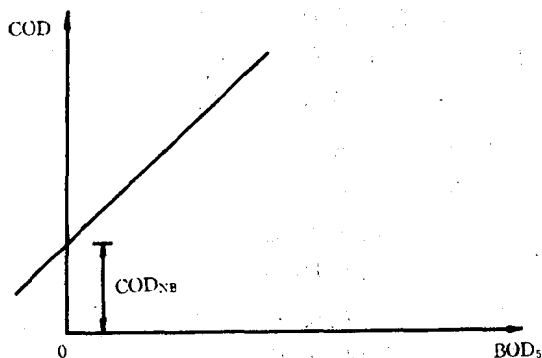


图 1.1.1 $COD \sim BOD_5$ 关系图

图中在 COD 轴上的截距即为 COD_{NB} ,于是从 $COD = COD_{NB} + COD_B$ 可以求得 COD_B ,并以 $COD_B = 1.72BOD_5$ 校核测定结果。

COD 测定能反映几乎所有有机物,但是一些难分解的有机物(如苯等)在 COD 的测定条件下也无法被氧化;另一方面,废水中的还原剂、氧化剂也会影响 COD 值,使结果偏高或偏低。因此,测定时要注意排除干扰。

当然,除生化需氧量和化学需氧以外,测定废水中有机污染物量的指标,还有总需氧量、总有机碳、含氮化合物(总氮和总凯氏氮、氨氮)等等。在此,就不一一列举了。

(2)无机化合物。废水中的无机物主要有砂、砾石、悬浮或溶解在水中的盐类、重金属等。砂和砾石主要来源于地面冲刷。盐类及重金属主要来源于工业废水。对于砂和砾石,一般在废水处理中只要用物理处理的方法基本可以去除。对于工业废水中存在的无机盐类及重金属,则在废水处理中影响较大,有些成份本身就是处理的主要对象,而少量的成份有的则成为影响废水处理的因素。因此,无机物指标在分析废水的基本特性、潜在毒性以及对废水处理方法的评价时都是十分重要的。目前一般常用的主要无机物指标为:

pH 值:在废水处理中,pH 值是一个十分重要的水质指标。在废水的生物处理中,对微生物的日常生理活动来说,pH 有着一定的最佳适应范围,一般在中性附近,即 $\text{pH}=6.5\sim 7.5$,在此 pH 值范围之外,微生物的活动将受到抑制。因此,把 pH 值控制在最佳范围内,对废水处理是十分重要的。一般的废水中大多含有碳酸、碳酸盐类、铵盐类及磷酸盐类等物质,具有一定的缓冲能力。在一定范围内,对外来酸或碱的加入,它能起调节、控制 pH 的作用,不至于引起大的变化。城市污水大多具有一定缓冲能力,但是这个能力毕竟是有限度的。当具有强酸性或强碱性的工业废水排出时,就必须引起注意。我国现行规定的废水排放标准是 $\text{pH}=6\sim 9$ 。

氰化物:氰化物是地面水和地下水中较为常见的污染物。它主要来自电镀、煤气、焦化、金属冶炼、有色金属选矿、制革、化纤、塑料、农药等工业部门的含氰废水。氰化物在水中的存在形式是多种

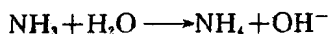
多样的。有简单的盐类，它们在水中易电离成剧毒的 CN^- 。也有复盐类，如铜、锌、银、铁等络合物，其中有的也不稳定，易形成 CN^- 。只有低铁和高铁氰化物在水中相当稳定，基本上无毒。含氰化物的废水排入水体后会对公共卫生、水生生物活动和河流的净化造成重大影响。若控制不当，也会造成人身伤害事故。

重金属：废水中的重金属主要是指汞、镉、铬、铅、镍、锌、铜、铁、锰、锑、钴、钼等。有毒的重金属离子，主要来自工业废水，如矿山、金属冶炼、电镀、玻璃、颜料、电池制造、照相材料、造纸、医药、农药等工业废水。这些重金属离子，主要是汞、镉、铬、铜、镍、锌等，我国的工业废水排放标准中，对含有上述重金属离子的废水的最高容许排放浓度，都作了具体的规定，以防止环境污染。含有重金属离子的废水排入水体后，超过一定浓度时，会抑制水体中水生生物的生长。而且还可通过食物链的逐级富集，转移到人体组织，影响人类的健康。在废水的生物处理中，当锑 $> 0.2\text{mg/L}$ ，铅 $> 1\text{mg/L}$ ，铜 $> 1\text{mg/L}$ ，镍 $> 2\text{mg/L}$ ，锌 $> 5\text{mg/L}$ ，三价铬 $> 10\text{mg/L}$ 时，还能对废水的生物处理起到抑制作用。

氮和磷：氮和磷是生物生长的重要元素。

氮在自然界的存在形式及转化的途经可用图 1.1.2 表示。新鲜的废水中的氮主要存在于含氮有机化合物中。细菌的分解作用使它们转化为氨。氨的相对含量可作为废水的新鲜程度的指标。在有氧条件下，细菌能将氨氮氧化为硝酸盐和亚硝酸盐，如果在废水中硝酸盐氮为主，表示废水在耗氧方面已经稳定。硝酸盐氮能为水生植物、藻类所利用，动物则以这些植物或藻类为食物而转为动物蛋白，一旦动植物死亡，它们的蛋白质为细菌分解又重新产生氨。因此，废水在排放以前要脱氮或降低氮的含量以防止水生植物及藻类的过分生长。

氨氮在溶液中存在的形式有氨或铵离子，以哪种形式存在则取决于 pH 值。按照下列平衡式：



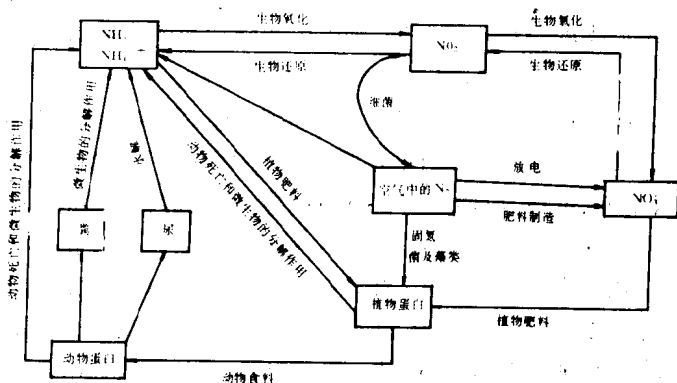


图 1.1.2 氮的循环

当 $\text{pH} > 7$, 平衡向左移动, 当 $\text{pH} < 7$, 则 NH_4^+ 是主要形式。氨的测定方法是提高 pH 后蒸馏, 使氨随蒸气逸出, 然后用比色法测定。

有机氮用凯式法测定时先加热驱赶氨, 然后消解试样中的有机氮使之转化为氨。总凯氏氮测定方法相同, 只是在消解之前不驱赶氨。

亚硝酸盐在水中并不稳定, 很容易被氧化为硝酸盐。亚硝酸的存在说明水体受污染并在“自净”过程之中。水体中亚硝酸的含量一般应不太高, 测定也是用比色法。硝酸盐是氮化物氧化的最终产物, 如果经二级处理的水是要回用的(如回灌地下作地下水补给), 那末对硝酸盐要非常注意。硝酸盐一般也是用比色法测定。

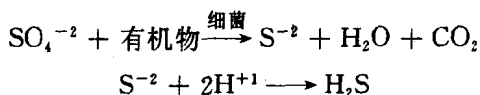
磷也是一种生物所需的重要元素, 它在天然水体中可能使藻类大量繁殖生长, 因此对磷的问题应引起注意。

通常在溶液中, 磷的存在形式有正磷酸盐、聚磷酸盐及有机磷。正磷酸盐是不经分解即可供生物代谢用的磷, 聚磷酸盐水解会

转为正磷酸盐,不过速度很低。生活污水和大部分工业废水没有有机磷的问题,但对农药厂的废水和农业地区的河道则要注意。

正磷酸盐的测定可用加钼酸铵的方法使之形成有色的络合物,对于聚磷酸盐和有机磷,则要先使之转化为正磷酸盐后进行测定。

硫酸盐离子在自来水中以及废水中都有。在蛋白质的合成过程中需要硫,而在蛋白质降解时又将硫释放出来。在厌氧细菌作用下,硫酸盐被还原为亚硫酸盐,最终变为硫化氢:



而 H_2S 又能进一步(在有氧的条件下)氧化为硫酸,而成为对沟管有侵蚀性的物质。

在污泥消化池中,硫酸盐被还原为亚硫酸盐。如果亚硫酸盐浓度 $> 200\text{mg/L}$ 时,将会严重影响消化池中的生化过程。而 H_2S 气体同消化时产生的其他气体(CH_4 、 CO_2)一同离开消化池,也对沼气管路起腐蚀作用。如用含硫化氢的沼气作为发动机的燃料,则燃烧所产生的废气将会侵蚀发动机以及废热回收设备,尤其是当这种废气冷却到露点以下时影响更大。此外,硫的存在将使沼气中 CH_4 的百分比减少,从而降低了沼气的热值。

第三节 废水的出路

废水的出路不外乎以下三种:

(1)排入水体:让废水流入天然水体是一种顺应自然的最常用方法。大量废水排入水体,会使水体出现严重污染,认真研究废水中污染物的影响、污染物的变化、转移等问题,将有助于了解水体的自净过程,估计自净能力及废水的处理程度(这个问题在实际工作中可通过排放标准来控制)。