

环境类中等专业学校试用教材

环境工程

(上册)

陈湘筑 主 编
郭 正 副主编

教育科学出版社

环境类中等专业学校试用教材

环 境 工 程

(上册)

主 编 陈湘筑

副主编 郭 正

教 育 科 学 出 版 社

·北 京·

责任编辑 杨晓琳

责任印制 田德润

责任校对 程丽明

图书在版编目(CIP)数据

环境工程 上册/陈湘筑主编. —北京: 教育科学出版社, 1999. 6

环境类中等专业学校试用教材

ISBN 7-5041-1912-1

I. 环… II. 陈… III. 环境工程-专业学校-教材 IV. X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 21695 号

教育科学出版社出版、发行

(北京·北太平庄·北三环中路 46 号)

长沙环境保护学校印刷厂印装

各地新华书店经销

开本: 850 毫米×1168 毫米 1/32 印装: 11.25 字数: 270 千

1999 年 6 月第 1 版 1999 年 6 月第 1 次印刷

印数: 00 001—5 000 册 定价: 32.00 元(上下册)

(如发现印装质量问题, 请与印刷厂联系调换)

主 编 陈湘筑

副主编 郭 正

编 者 陈湘筑 郭 正 刘文英
曹卫华 刘颖辉 田子贵

前 言

环境污染是我国经济发展,社会进步所面临的严重问题之一。环境污染不仅破坏了生态平衡,浪费了资源和能源,而且严重地危害人类自身的健康与生存,同时也阻碍工农业生产的进一步发展。为了减轻、消除各种污染物的排放所造成的不良影响,我国的环境管理已由污染物浓度控制转变为排放总量控制。这意味着我国将大大加强治理环境污染的力度。为适应这一形势的变化,根据国家环保总局原宣教司的要求,我们按环境工程专业大专程度编写了这本教材。教材内容主要介绍:水污染防治工程,大气污染控制工程,噪声、振动与其他公害防治技术,固体废物的处置与利用的基本原理和基本方法。在系统介绍传统的治理方法的同时,根据我国国情,我们尽量收编了一些高效、节能、低消耗的治理技术。

本教材可供环境工程专业,环境管理专业大专班使用。环保类其他专业及中等专业学校相关类专业学生使用时,内容可酌情增减。

全书由陈湘筑,郭正主编。参加编写的有:陈湘筑(第一、七章、第八章第二节、第九章、第二十五章、第二十六章),郭正(第十六、十七、十八章),刘文英(第五、第六章及十九章、第八章第一节),曹卫华(第三、四、十、二十章),刘颖辉(第二、二十一、二十二、二十三、二十四章),田子贵(第十一、十二、十三、十四、十五章)。

湘潭大学环境工程系杨润昌教授,湖南大学环境工程系陈昭宜教授参加了本书编写大纲的审定,清华大学环境工程系李国鼎教授详细审阅了全书,提出了许多宝贵意见,花费了很多精力,在

此表示衷心感谢。

由于编写时间紧,编者水平有限,书中难免出现缺点与错误,希望读者批评指正。

编 者

1999 年 2 月

目 录

第一篇 水污染防治

第一章 水体污染与自净.....	(1)
第一节 水体与水体污染.....	(1)
第二节 水污染的分类及主要污染物.....	(2)
第三节 水质指标与水质标准.....	(6)
第四节 水体自净	(15)
第二章 水质的预处理	(22)
第一节 格栅	(22)
第二节 筛网	(27)
第三节 调节池	(29)
第三章 废水的澄清	(33)
第一节 沉降理论基础	(33)
第二节 平流式沉淀池	(42)
第三节 竖流式沉淀池	(54)
第四节 辐射式沉淀池	(61)
第五节 斜板沉淀池	(64)
第六节 加速澄清池	(69)
第七节 隔油池	(71)
第八节 气浮	(77)
第四章 过滤	(86)

第一节	快滤池	(86)
第二节	滤料及承托层	(90)
第三节	快滤池的冲洗	(93)
第四节	快滤池的设计	(99)
第五节	常用过滤设备	(102)
第五章	废水的化学处理法	(106)
第一节	中和法	(106)
第二节	混凝法	(112)
第三节	氧化还原法	(124)
第四节	电解法	(129)
第五节	离子交换法	(134)
第六节	电渗析	(140)
第六章	废水的好氧生物处理	(145)
第一节	概述	(145)
第二节	活性污泥法	(149)
第三节	生物膜法	(171)
第七章	厌氧生物处理与污泥脱水	(188)
第一节	厌氧生物处理机理	(188)
第二节	升流式厌氧污泥床法(UASB)	(192)
第三节	厌氧生物滤池	(201)
第四节	污泥脱水与利用	(203)
第八章	自然条件下的生物处理	(211)
第一节	生物稳定塘	(211)
第二节	废水的土地处理	(217)
第九章	废水深度处理与利用	(263)
第一节	废水深度处理方法	(263)
第二节	废水深度处理实例	(266)
第十章	废水处理站布置与设计	(269)

第一节	资料收集及厂址选择·····	(269)
第二节	处理厂设计·····	(271)
第三节	配水、量水设备 ·····	(277)

第二篇 固体废物的处理与处置

第十一章	概论·····	(282)
第一节	固体废物的来源与分类·····	(282)
第二节	固体废物的危害·····	(283)
第三节	固体废物管理及资源化利用·····	(285)
第十二章	固体废物预处理技术·····	(290)
第一节	固体废物压实技术·····	(290)
第二节	固体废物破碎技术·····	(291)
第三节	固体废物分选技术·····	(296)
第十三章	固体废物的综合利用·····	(300)
第一节	高炉渣综合利用·····	(300)
第二节	钢渣综合利用·····	(309)
第三节	煤矸石及粉煤灰综合利用·····	(311)
第四节	化工废渣回收利用技术·····	(319)
第五节	城市垃圾回收利用·····	(321)
第十四章	固体废物的最终处置·····	(329)
第一节	填埋处置·····	(329)
第二节	固体废物焚烧灰化·····	(334)
第三节	固体废物海洋处置·····	(337)
第四节	有害固体废物的处理与处置·····	(337)
第十五章	土壤污染及防治·····	(343)
第一节	土壤污染·····	(343)
第二节	土壤污染防治·····	(346)

第一篇 水污染防治

第一章 水体污染与自净

第一节 水体与水体污染

水体是河流、湖泊、沼泽、水库、地下水、冰川、海洋等地表贮存水的总称。水是地球上一切生物赖以生存的物质。地球上总贮水量约为 13.6×10^9 亿立方米,其中淡水总贮量为 0.4×10^9 亿立方米,占总贮水量的 2.94%。如果去掉冰冠和冰川,则可利用的淡水总量仅占总水量的 1%,可见地球上的淡水是有限的。

全球陆地年径流量约为 4.7×10^5 亿立方米,我国占 5.5%,人均占有的年径流量约为 2600 立方米,远远低于世界人均年径流量(10240 立方米),只相当于世界人均占有量的 1/4,排世界第 127 位。我国的水资源并不丰富。

水体不仅包括水,而且也包括水中的悬浮物,底泥及水生生物。在环境科学中区分“水质”与水体的概念十分重要,因为水环境的污染一方面反映在水中,另一方面反映在“底质”与“水生生物”中。在某种情况下,底质较水更精确地反映了水环境的污染。例如,重金属易于从水中转入底泥中,在底质中往往有较高的浓

度。如果仅仅着眼于水质,似乎未受重金属污染,但从整个水体看,重金属在底质的积累已经成为一个潜在的二次污染源。当水文及氧化还原条件发生变化时,它又重新进入水中,构成对上层水质的威胁。所以,底质是水环境系统中不容忽视的一部分。

水体污染可简称为水污染。1984年颁布的《中华人民共和国水污染防治法》中对“水污染”下了明确的定义,即水体因某种物质的介入,而导致其化学、物理、生物或者放射性等方面特性的改变,从而影响水的有效利用,危害人体健康或者破坏生态环境,造成水质恶化的现象叫做水体污染。

水的污染有两类:一类是自然污染;另一类是人为污染。

自然污染主要是自然原因造成的。例如,特殊的地质条件使某些地区有某种化学元素的大量富集,天然植物的腐烂所产生的有害物质,以及大气降雨及地面径流所挟带的各种物质流入水体,都会影响当地水质。通常把由于自然原因而造成的水中杂质的含量称为本底浓度或背景值。

人为污染是人类生活和生产活动中所产生的废物对水的污染,包括生活污水、工业废水、农田排水、矿山排水等。此外,废渣和垃圾堆积在土地上或倾倒在水中、岸边,废气排放到大气中,经降雨淋洗及地面径流挟带各种杂质进入天然水中,都会造成水的污染。

对水体造成较大危害的是人为污染。

第二节 水污染的分类及主要污染物

水体污染物的分类,一般是根据污染物的特性进行划分,可分为:化学性污染、物理性污染、生物性污染三大类。

水污染主要由下列物质引起:见表1-1。

表 1-1 水体中主要污染物分类和来源

种类	名 称		主 要 来 源
物理性	热		热电站、核电站、冶金、石油化工等工厂的排水
	放射性物质		核生产废物、核试验沉降物、核研究及核医疗单位的排水
化学性 污 染 物	无 机 物	铬	铬矿冶炼、镀铬、颜料等工厂排水
		汞	汞的开采、冶炼,使用汞的工厂外排水
		铅	冶金、铅蓄电池、颜料等工厂排水
		镉	冶金、化工、电镀等工厂排水
		砷	矿山、冶金、制药、化工等工厂的排水
		氰化物	电镀、冶金、塑料、化纤、煤气等工厂的排水
		氮和磷	生活污水,化肥、制革、食品、毛纺工业及农田排水
		酸、碱、盐	矿山、化工、冶金、轻纺造纸工业排水及酸雨
	有 机 物	酚类化合物	炼油、焦化、煤气、树脂造纸等化工厂排水
		苯类化合物	石油化工、焦化、农药、塑料、染料等工厂排水
		油类	采油、炼油、船舶、机械、化工等工厂排水
生物性	病 原 体		生活污水,医院污水,制革、食品加工、生物制品等工厂排水

一、化学性污染

(一) 无机污染物质

这类物质主要有酸、碱和一些无机盐类。酸污染主要来自矿山排水和工业废水。矿山排水中的酸主要是含硫矿物经空气氧化与水作用而生成的。含酸多的工业废水有钢铁工业的酸洗水、粘胶纤维、染料,酸法造纸及农药制造工业的外排废水等。大面积的酸雨进入水体也能引起酸的污染。碱污染主要来自碱法造纸、炼油、制革、制碱等工业废水。酸碱污染使水体 pH 值发生变化,抑制或杀灭细菌及其他微生物,破坏生态平衡,妨碍水体自净作用。

一些工业废水中还常含有一些无机盐类,它们排入水体后将提高水的硬度,降低水中的溶解氧,对淡水生物产生不良影响。

(二) 无机有毒物质

污染水体的无机有毒物质主要为重金属等有潜在长期影响的物质,例如汞、镉、铅、砷、铬、钡、钒、氰化物、氟化物等。有毒重金属在自然界中一般不会自行消失,而是由一种价态转变成另一种价态,而且可能通过食物链而积累,富集于人体内部,有的则能直接作用于人体而引起严重疾病或促使慢性病的发生。

(三) 有机有毒物质

污染水体的有机有毒物质种类很多,主要是各种有机农药、多环芳烃、芳香胺等。这些物质来自农田排水或某些工业废水,如焦化、染料、农药、塑料等。它们之中很多是自然界中本来没有,而经人工合成的物质,化学性质很稳定,很难被生物所分解,例如多氯联苯即是这样的物质。有些有机物质还是致癌的,例如苯并芘(α)等。

(四) 需氧污染物质

生活污水、食品加工业废水及某些工业废水中所含的碳水化合物、蛋白质、脂肪、酸类、醇类等有机物可在微生物的作用下进行分解。它们在分解过程中需要消耗水中的溶解氧,故称之为需氧污染物质。如果这类物质排入水体过多,将会大量消耗水中的溶解氧,造成溶解氧缺乏,影响水中鱼类和其他水生生物的生长。水中的溶解氧耗尽后,有机物将进行厌氧分解,产生出大量硫化氢、氨气、硫醇等难闻物质,使水质变黑发臭,造成水体及周围环境的进一步恶化。需氧污染物是我国水环境中量最大、最经常和最普遍的一种污染物质。

(五) 植物营养物质

生活污水和某些工业废水中经常含有一定数量的氮、磷等植物需要的营养元素,这些元素被称之为营养物质。施用氮肥和磷

肥的农田排水中也会含有残余的氮和磷。水体中氮、磷元素的含量较高时,对湖泊、水库、港湾、内海等水流缓慢的水域,就会使藻类等浮游植物及水草大量繁殖,造成该水域中溶解氧的急剧变化,使鱼类的生活空间减少,以致缺氧死亡。严重的还可以导致水草丛生,湖泊退化。这种现象称之为水体的“富营养化”。富营养化一旦形成,就很难消除。

(六) 油类污染物质

随着石油工业及水上航运事业的发展,油类物质对水体的污染已日益增多。炼油及石油化工工业、海底石油开采、轮船及油轮的压舱、洗舱水等都可使水体遭到严重的油类污染。其中海洋石油开采与油轮泄油事故污染最甚,大面积油污覆盖在水面上,影响水质及水域功能,破坏海滩,危害水生生物,而且很难及时清除。

二、物理性污染

(一) 悬浮物质污染

悬浮物是指水中含有的不溶性物质,包括固体物质、藻类、呈乳化状态的油类等等。它们是由生活污水、垃圾和采矿、石材加工、建筑、食品、造纸等工业生产中产生的废物进入水中,或由于地面径流所引起的水土流失而进入水中的。悬浮物质影响水体外观,妨碍水中植物的光合作用,对水生生物不利。利用高浊度的水作饮用水或工业用水时,增加了处理难度。

(二) 热污染

来自热电厂,核电站及各种发热工业过程中的冷却水,若不采取措施,直接排入水体,则可能引起受纳水体水温升高,溶解氧含量降低,水中生态平衡遭到破坏,从而危及鱼类及水生生物的生长。

(三) 放射性污染

由于原子能工业的发展,放射性矿藏的开采,核试验和核电站

的建立,以及同位素在医学、工业、研究领域中的应用,使放射性废水、废物显著增加,使某些水域造成一定程度的放射性污染,其中对人体健康有重要影响的放射性物质有 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 等。

三、生物性污染

生活污水,特别是医院污水和某些工业废水污染水体后,往往可带入一些病原微生物。某些原来存在于人畜肠道中的病原细菌,如伤寒、霍乱、痢疾性细菌等都可以通过人畜粪便的污染而进入水体,随水流动而传播。一些病毒,如肝炎病毒等也常在污水中发现。某些寄生虫病,如阿米巴痢疾、血吸虫、钩端螺旋体病等也可通过水进行传播。防止病原微生物对水体的污染是保护环境、保障人体健康的一件大事。

第三节 水质指标与水质标准

一、水质指标

在自然界循环的水与大气、土壤和岩石表面接触的每一个环节都会有很多杂质混入和溶入,因此,自然界中没有绝对纯净的水。无论是天然水,还是各种污水、废水里均有一定数量的杂质。

所有各种杂质,按它们在水中的存在状态,可以分为三类:即悬浮物质、溶解物质和胶体物质。溶解物质的颗粒粒径小于 $10^{-3}\mu\text{m}$,悬浮物质颗粒粒径大于 $1\mu\text{m}$,胶体物质颗粒的粒径在 $1\mu\text{m}\sim 10^{-3}\mu\text{m}$ 之间。

仅根据水中杂质颗粒的尺寸,并不能反映水的物理、化学和生物学方面的性质,为了评价水的质量,必需建立水质和水质指标的概念。

水质是指水和其中所含的杂质共同表现出来的物理学、化学

和生物学的综合特性。各项水质指标是判断水质的具体衡量标准,它表示了水中杂质的种类、成分和数量。因此一般用水质指标来表征水体受到污染的程度。

水质指标项目繁多,它们可以分为物理的、化学的和生物学的三大类。

属于物理性水质指标的主要有:温度、色度、浊度、电导率、悬浮物等。

属于化学性水质指标有:pH值,硬度,各种重金属、氰化物、多环芳烃、有机磷、氟化物、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD₅)等等。

属于生物学水质指标有:一般包括细菌总数、大肠杆菌数等。

下面选择几种主要的水质指标作必要的概述。

(一) 悬浮物(SS)

水中悬浮物含量是水质污染的基本指标之一,表明水中不溶解的悬浮物的含量多少。例如,煤矿矿坑水的悬浮物含量在(140~2000)mg/L之间,小氮肥厂冲渣废水中悬浮物含量在(140~2500)mg/L;中小火电厂渣场废水的排放浓度约为(70~1600)mg/L左右。这些工矿企业排放的废水量大,悬浮物含量很高,一方面污染水体、堵塞河道;另一方面,这些悬浮固体绝大部分是粉煤与炉渣,其大量流失,造成大量有用资源的浪费。若将这些工矿企业废水中的悬浮物截留,则外排废水会变清,有用资源可以得到利用。

(二) 生化需氧量

在有氧条件下,水中可分解的有机物,由于好氧微生物的作用被氧化分解而无机化,这个过程所需的氧量叫做生物化学需氧量,简称生化需氧量(BOD₅),以氧的mg/L表示。

由于污水中有机物种类繁多,若要对这些物质进行定性及定量分析,需要耗费大量时间及人力、物力。通常以生化需氧量这个

指标表示水中有机物含量的多少,并借以表示水体受有机物污染的程度。

必须指出,该指标反映出的有机物是指可以作为微生物食料或被其分解的那部分有机物。

微生物通过自身的生命活动过程把一部分被吸收的有机物氧化成简单的无机物(如 CO_2 、 H_2O 等),并释放出其生长、活动所需要的能量,而把另一部分有机物转化成生物体所需的营养物,组成新的细胞物质。

有机物的生物氧化是一个缓慢的过程,其氧化过程速率与温度有密切关系。我国国家环境保护总局编制的《环境监测技术规范》中规定,将污水在 20°C 的温度下培养 5 日,作为生化需氧量测定的标准条件。在此条件下测量所得结果记作 BOD_5 ,称为 5 日生化需氧量。一般情况下,每人每天排入生活污水中的 BOD_5 约为 40 克。

(三) 化学需氧量

在酸性条件下,强氧化剂能使污水中的有机物全部氧化。这种用化学氧化剂氧化污水或工业废水中有机污染物所消耗的氧量即为化学需氧量,用 COD_{cr} 表示,其单位为 mg/L 。 COD_{cr} 值愈高,表示水中的有机物或其他还原性物质愈多。

COD_{cr} 一般较 BOD_5 为高,化学需氧量几乎可以表示出水中有机物全部氧化所需的氧量,而生化需氧量则反映了能被微生物氧化分解的有机物氧化时所需的氧量。其差值表示不能被生物降解的有机物含量。显然,差值越大,则该废水采用生物方法进行处理时,效果就会越差。

另外,化学需氧量的检测只需数小时,而生化需氧量的测定则需要 5 天,因而在某些特定的条件下可用 COD_{cr} 值来反映水中有机物的多少。

(四) 重金属污染物