



21世纪环境工程类高职教材
教育部高等学校环境工程专业
教学指导委员会推荐教材

高等专科学校
高等职业技术学院

环境工程专业新编系列教材

环境工程基础

陈湘筑 主编

武汉理工大学出版社

高等专科学校
高等职业技术学院

环境工程专业新编系列教材

环境工程基础

主编 陈湘筑

武汉理工大学出版社

内容简介

本书深入浅出地介绍了水污染治理、大气污染防治、噪声与其他公害防治技术;固体废物的处理与处置的基本原理、工艺流程、设备结构及重要常用设备的简明设计。重视并采纳了国内外最新的实用治理技术。对环境工程发展的趋势也作了较全面的介绍。

本书可作为高等专科学校、高等职业技术学院环境工程、环境管理及环境类相关专业的教材,也可作为在职环境保护人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

环境工程基础/陈湘筑主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2003,7

ISBN 7-5629-1942-9

I. 环…

II. 陈…

III. 环境工程-高等学校:技术学校-教材

IV. X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 107055 号

出版者:武汉理工大学出版社(武汉市:武昌珞狮路 122 号 邮编:430070)

<http://cbs.whut.edu.cn>

E-mail:wutp@public.wh.hb.cn

印刷者:安陆市鼎鑫印务有限责任公司

发行者:各地新华书店

开本:787×960 1/16

印张:20.25

字数:388千字

版次:2003年7月第1版 2003年7月第1次印刷

书号:ISBN 7-5629-1942-9/X·14

印数:1—3000册

定价:26.50元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

高等专科学校
高等职业技术学院

环境工程专业新编系列教材

编审委员会

顾问: 孙俊逸 宫学栋 宋振东 彭长琪
黄东峰 黎松强 王宜明

名誉主任: 张晓健

主任: 胡亨魁 雷绍锋

副主任: 王红云 吕小明 周国强 李连山

高红武 蔡德明

委员: (按姓氏笔划排列)

王红云 田子贵 吕小明 冯雁

刘晓冰 刘永坚 李连山 陈剑虹

宋振东 林锦基 张晓健 张明顺

陈湘筑 吴国旭 吴晓琴 邱梅

赵建国 周国强 胡亨魁 宫学栋

徐扬 高红武 曾育才 梁红

彭长琪 黎松强 雷绍锋 蔡德明

总责任编辑: 刘永坚 吴晓琴

秘书长: 徐扬

出版说明

由于人类面临的环境问题日益严重,大量影响人类生存和发展的环境问题亟待解决,“环境科学”也就应运而生。当然,与其他发展历史久远的成熟学科相比,环境科学及其分支学科环境工程学都很年轻,又属于多学科交叉融会的横断学科,因此至今尚未成熟。反映到教育领域,国内大专院校的环境工程专业大都是近年才陆续创设、开办,也是一个非常年轻的专业。随着人们对环境问题的深刻关注和了解,环境科学的重要性日益突显,社会对环境工程专业人才的需求大大增加,环境工程专业得到了迅速发展。然而,正因为环境工程专业的年轻和多学科交叉的特点及其突出的实用性特色,使得教材建设的难度很大,以致专业教材严重匮乏。教材成了制约学科和专业发展的重要因素。

为解决教学急需,武汉理工大学出版社在教育部高等学校环境工程专业教学指导分委员会的大力支持和直接指导下,经过广泛深入地调研,决定组织编写、出版一套高等专科学校、高等职业技术学院环境工程专业新编系列教材。此举得到了众多相关院校的热烈响应。全国十多所大专院校积极参加编写;教育部高等学校环境工程专业教学指导委员会秘书长、清华大学张晓健教授担任系列教材编审委员会名誉主任,教学指导委员会大专组组长胡亨魁教授担任编审委员会主任;全套教材各门课程的编写大纲、具体内容均由教学指导委员会审订,并将此系列教材确定为教学指导委员会向全国推荐的重点教材。

高等专科和高等职业教育的培养目标是培养在第一线从事生产、服务和管理的应用型、技能型人才,其教学模式和教学方法有其自身特定的规律,不能套用或简单压缩本科教学的模式和方法。本套教材的编写主要满足三个方向的培养要求:一是从事一线环境污染控制工艺设计、设备生产、设施运行管理与维护的专门人才;二是从事一线生态保护的专门人才;三是一线环境管理的专门人才。为此,教材编写特别强调应用性和实践性,各门课程的理论教学把握以够用为度的原则。全套教材对原有课程体系和教学内容进行了优化整合,精简了理

论教学时数,增加和强化了实践性教学环节。编写内容上特别注重吸取近年来国内外环境治理工程的新技术、新方法,力求与世界先进的环境保护理论和环境工程技术的发展保持同步。

由于本套教材的实用性特色,所以它不仅是一套全日制高等专科学校、高等职业技术学院的专业教材,也可以用于环境保护行业的管理干部和技术干部的职业培训,还可供环境保护的工程技术人员参考。

本套教材是迄今为止全国的第一套专科环境工程专业系列教材,环境工程学科又处在不断发展的过程中,因此,尽管我们的编审者殚精竭虑、尽心尽力,新教材的不足之处也在所难免。我们诚挚地期望使用教材的师生在教学实践中对教材提出批评和建议,以便我们不断修订、完善,精益求精!

武汉理工大学出版社

2003年7月

前 言

良好的环境是发展社会生产力的物质基础,保护环境是推动生产力持续、稳定、健康发展的重要手段。环境污染不仅浪费资源、能源,而且破坏生态平衡,严重危及人类自身的健康与生存,同时也阻碍国民经济的进一步发展。因此,加大对环境污染的治理力度,减轻或消除各种污染物排放所造成的不良影响,就显得非常重要且紧迫。

编辑本书的目的在于使环境工程、环境管理及环境类相关专业的学生掌握水污染治理、大气污染防治、固体废物处理与处置、噪声与其他主要公害防治技术的基本原理、设备结构、工艺流程、运行特点等,同时也介绍了有关的最新治理技术及投资少、效果好的实用治理技术。对环境工程的发展趋势及研究动向也作了较详细的介绍。

这里必须指出,像美国这样经济技术发达的国家,其废水总量的2/3是依靠成本极低的生物稳定塘及土地处理系统处理的。我国是发展中国家,更应该节省宝贵的资金,采用最经济有效的方法来处理废水。抛弃那些投资高,运行成本高的昂贵的处理方法。因此,我们对生物稳定塘及土地处理系统作了较详细的介绍。

本着深入浅出的原则,在阐述基本原理的基础上,注重理论联系实际,注重应用性,坚决淘汰那些落后的技术及设备。

本教材各部分的课时分布如下:

教材内容	授课学时数
水污染治理篇	40
大气污染防治篇	30
噪声与其他公害防治技术篇	14
固体废物的处理与利用	10

参加本书编写的有:长沙环境保护高等职业技术学院陈湘筑(前言、绪论、水

污染防治篇、大气污染防治篇,第 11 章),昆明冶金高等专科学校何咏梅(大气污染防治篇,第 9 章、第 10 章),广东环境保护高等职业技术学院罗爱武(噪声及其他公害防治技术篇),河南城建高等专科学校马照民(固体废物的处理与处置篇)。

陈湘筑

2002 年 11 月于长沙

目 录

0 绪论	(1)
0.1 环境工程的基本内容	(1)
0.2 环境工程的发展趋势	(5)

水污染治理篇

1 概述	(9)
1.1 水资源与水体污染	(9)
1.2 水体污染物与水质指标	(10)
1.3 地面、海洋水质标准	(14)
1.4 水体自净	(20)
1.5 废水治理原则及处理方法选择	(21)
2 废水的预处理	(24)
2.1 格栅与筛网	(24)
2.2 调节池	(27)
3 废水的物理处理	(30)
3.1 沉降原理	(30)
3.2 平流式沉淀池	(34)
3.3 竖流式沉淀池	(38)
3.4 辐射式沉淀池	(40)
3.5 斜板沉淀池	(42)
3.6 隔油池	(43)
3.7 气浮	(45)
3.8 快滤池	(47)
4 废水的化学及物理化学处理	(52)
4.1 中和法	(52)
4.2 混凝法	(55)
4.3 氧化还原法	(62)

4.4	电解法	(65)
4.5	离子交换法	(67)
4.6	吸附法	(70)
4.7	膜分离法	(73)
5	废水的好氧生物处理	(77)
5.1	概述	(77)
5.2	活性污泥法	(79)
5.3	氧化沟活性污泥法	(83)
5.4	间歇式活性污泥法(SBR)	(86)
5.5	生物膜法	(90)
6	废水的厌氧生物处理	(98)
6.1	厌氧生物处理机理及常用设备	(98)
6.2	升流式厌氧污泥床法(UASB)	(101)
6.3	厌氧生物滤池	(105)
6.4	污泥脱水与利用	(106)
7	自然条件下的生物处理	(110)
7.1	生物稳定塘	(110)
7.2	废水的土地处理	(114)
8	废水深度处理与利用	(136)
8.1	废水深度处理方法	(136)
8.2	废水深度处理实例	(138)

大气污染防治篇

9	概述	(140)
9.1	大气与大气组成	(140)
9.2	大气污染与污染物	(143)
9.3	大气环境质量标准及大气污染物排放标准	(147)
9.4	大气污染与气象	(153)
9.5	大气污染综合防治措施	(159)
10	颗粒污染物的净化技术	(161)
10.1	除尘技术基础	(161)
10.2	初级除尘装置	(169)
10.3	旋风除尘器	(174)
10.4	湿式除尘器	(179)
10.5	过滤式除尘器	(182)
10.6	电除尘器	(187)
11	气态污染物的净化	(192)
11.1	吸收净化	(192)

11.2	吸附法	(201)
11.3	催化转化法	(207)
11.4	燃烧法	(210)
11.5	生物净化法	(212)
11.6	烟囱高度计算及厂址选择	(215)

噪声及其他公害防治技术篇

12	噪声基础知识	(223)
12.1	概述	(223)
12.2	噪声的量度及标准	(225)
12.3	噪声的测量	(231)
13	噪声控制技术	(234)
13.1	噪声控制的原则	(234)
13.2	隔声	(236)
13.3	吸声	(242)
13.4	消声	(246)
13.5	隔振	(253)
13.6	噪声综合治理实例	(256)
14	其他公害防治技术	(259)
14.1	电磁辐射污染及其防治	(259)
14.2	放射性污染及其防治	(261)
14.3	热污染及其防治	(264)
14.4	光污染及其防治	(265)

固体废物的处理与处置篇

15	概述	(268)
15.1	固体废物的来源及危害	(268)
15.2	固体废物的管理	(271)
16	固体废物处理技术	(274)
16.1	固体废物的预处理	(274)
16.2	工业、农业固体废物的资源化	(285)
16.3	城市垃圾的综合利用	(292)
17	固体废物的最终处置	(300)
17.1	概述	(300)
17.2	卫生土地填埋	(301)
17.3	安全土地填埋	(307)
17.4	浅地层埋藏	(307)
参考文献	(311)

0 绪 论

本章提要

本章介绍了环境工程学的基本内容及我们面临的主要环境问题和主要治理措施,对环境工程的发展趋势也作了较全面的介绍。

0.1 环境工程的基本内容

环境工程是一门研究环境污染防治技术原理和方法的学科,其内容广泛而复杂,涉及化学、物理学、生物学、医学、给排水工程、土木工程、机械工程、化学工程等原理和手段。该学科以环境污染综合防治作为基本指导思想,研究防治环境污染和公害的技术措施,自然资源的保护和合理利用,各种废物的资源化,以及对局部的规划等,以获取最优的环境效益、社会效益和经济效益。

环境工程学的基本内容有下列几个方面:

0.1.1 水污染防治工程

在对一个区域的水环境污染进行治理时,首先必须考虑当地的社会条件(工厂布局、人口密度、交通、农业生产等)、自然条件(气象、地质、水文、植被等)及污染源的性质(生产工艺、排放量、污染物等),研究当地水体、土壤自然净化能力,分析有无对废水进行自然净化的可能。在确定治理工艺后,还必须对处理后废水的排放及回用作出妥善的安排。

对废水的处理,一般是根据当地纳污水体的功能,与当地总量控制下允许的

排放量及浓度,来确定处理程度的。处理的程度大致可分为三级:

废水的一级处理:该方法主要采取的是物理处理,如格栅、沉降、网滤、砂滤、隔油、气浮等。主要去除废水中的漂浮物及部分悬浮状污染物,以减轻水质的腐化程度和后续处理工艺负荷。经过一级处理的废水,一般达不到排放标准。

废水的二级处理:该方法以生物处理为主要手段,如活性污泥法、生物膜法、生物稳定塘、土地处理系统等。主要去除废水中呈可溶态、胶态的有机污染物及部分氮、磷元素,其出水一般能达到排放标准。

废水的三级处理(又称深度处理):采用该法的目的在于废水的回用。因此,应根据用户对水质的要求,建立不同的处理工艺组合。一般主要去除氮、磷、重金属、病原微生物及其他有毒物质。经常采用的方法主要有化学处理方法,如中和、化学沉淀、微滤、吸附、电渗析、离子交换、氧化还原等。

这里须指出,对于工业废水的处理,由于其成分复杂,处理难度较大,必须采取综合防治措施。工业生产应尽可能采用无污染或少污染的先进工艺和设备。加强生产管理,减少或消除原材料及制成品的流失量。采取清污分流制,减少废水的处理量。对于相对较清洁的生产废水如冷却水、清洗尾水,可进行简单处理后循环使用,以节约水资源。

在确定治理方案时,应特别考虑废水的利用问题。如对于饲养场的有机高浓度废水,是采用各种方法处理废水,使出水达标排放,还是将废水视作肥料及能源加以利用,这是两种截然不同的结果。许多实例告诉我们,不重视这个问题,将付出惨重的代价。

0.1.2 大气污染防治工程

0.1.2.1 大气污染源

大气污染问题主要为人类活动所造成,主要的污染源有三种,即生活污染源、工业及农业生产污染源和交通污染源。

生活污染源是指人们做饭、取暖及服务行业燃烧燃料等所形成的污染源。特点是:点多、面广、排放高度低、排放总量大。

工业、农业生产污染源是指工业、农业生产过程中排放烟气、粉尘及各种废气的工厂、车间或设备。特点是:排放源集中、污染气体排放量大、污染物的种类较多、对当地大气环境质量影响较大。

交通污染源,又称移动污染源,主要指汽车、飞机、火车、摩托车和船舶等,在交通线上移动,且排放废气的装置。交通污染源的特点是:排放源沿交通线移动,数量多;排放的氮氧化物、一氧化碳和烃类,是形成光化学烟雾的物质基础;对城市的大气环境质量影响较大。

对大气污染防治,在宏观上应采取综合防治的策略。对于主要污染物可采

取下列措施进行治理。

0.1.2.2 颗粒污染物净化技术

该法是将颗粒物从废气中分离出来的技术。常用的高效除尘器(除尘率在99%以上)有:冲击式除尘器、文丘里除尘器、过滤式除尘器和电除尘器。

0.1.2.3 气态污染物净化技术

气态污染物种类较多,性质各异。排放量较大的有二氧化硫(SO_2)、氮氧化物(NO_x)、含氟气体、汽车尾气、碳氢化合物、碳氧化物等。排放量较少的有化工及各种生产过程中排放出的废气等。

常用的净化方法有:吸收法、吸附法、催化转化法、燃烧法等。其中吸收法是最常用的基本方法。该法是用适当的吸收剂,从废气中吸收除去气态污染物以消除污染。特点是:处理量大、处理效果好。目前,发达国家普遍采用的烟气脱除 SO_2 的技术(石灰/石膏法),就是吸收原理的应用成果。多数情况下,吸收过程是将污染物由气相转入液相,因此,还需对吸收液作进一步的处理,以免产生二次污染。吸附法适合于低浓度的废气净化,能回收有用成分,设备简单。可使用吸附法净化的气态污染物有:低浓度的有机物废气,少量的 SO_2 烟气,含氟废气,含铅及含汞废气、恶臭,沥青烟及餐饮业油烟等。从目前发展的趋势看,吸附法的应用面正在逐步扩大。催化转化法目前应用较多的是汽车尾气的净化及用催化剂将 SO_2 与 H_2O 转化成硫酸的湿法脱硫技术。燃烧法能去除散发难闻气味,或有毒的气体有机物或气溶胶。燃烧法工艺简单,操作方便,已广泛应用于石油化工、化工、食品加工、喷漆及绝缘材料加工行业废气的净化,也可用于 CO 、恶臭、沥青烟等可燃有害组分的净化。

大气污染物经过处理净化后达到了排放标准,但是,排放高度不够,仍然会造成严重污染,因此采用高烟囱排放技术。我们必须建立高度合适的烟囱,使经过净化达标的烟气,向更远的地方稀释扩散,充分利用大气的自净作用,进一步降低地面空气中污染物的浓度。

0.1.3 噪声及其他公害防治技术

我们接触的自然环境中除了大气、水、植被等环境要素以外,在我们的生存空间里还充满着各种声波、电磁波、光辐射等。核能技术及放射性元素的广泛应用,天然石材制品进入室内装饰领域,放射性污染也在走近我们。电磁、放射性、噪声、热、光污染的防治已成为众所瞩目的环境保护课题。

据有关部门统计,北京、上海居民向环保部门反映的噪声污染问题占所有污染事件的40%以上,说明我国的噪声污染也很严重。

构成声音有三个要素:声源、介质、接受者。所以噪声的控制也必须从这三个环节入手,即从声源上降低噪声,在噪声传播途径上加以控制,在接受点上进行

防护。一般来说,从声源到接受体之间可采用隔振、消声、吸声、隔声的措施来治理噪声污染。城市绿化对控制噪声有一定的作用,通过测试表明,40m宽的树林可降低噪声10~15dB,10m宽的草坪可降低0.7dB。虽然绿化对降低噪声的强度是有限的,但对人心理感觉来说,绿色要显得安静一些。另外,做好城市规划,将声源布置在远离人口密集区的地方,利用噪声在距离上的衰减达到减噪的目的,也是必不可少的。

产生电磁污染的污染源有:各种微波通讯、电台、电视台、工业用及家用电器等产生的电磁辐射,使人们生活在电磁波的海洋里,对人类的危害不可小视。防护的主要方法是采用金属材料作屏蔽体,将电磁辐射能量传入大地。

很多天然石材具有放射性,但程度不一,不符合建筑标准的产品流入装修市场,使放射性污染在我们周围有可能存在。因此,必须加强建材市场的监管,杜绝放射性超标的产品进入市场。

核废物造成的放射性污染的治理方法基本同水、气、渣的治理方法。总的原理是将放射性元素浓缩后,回收或固化,再作最终处理。

热污染所造成的危害,最典型的是“温室效应”,直接关系人类自身的生存。减少CO₂与热能的排放,是有效的控制方法。

各种可见光源与反光材料安置不当,均会影响人的工作与生活。强光还会直接伤害人的眼睛。另外,都市中杂乱的建筑,不和谐的色彩与广告均会令人烦恼,影响身心健康及工作效率,对光污染的治理已刻不容缓。

0.1.4 固体废物的处理与处置

随着生产的发展和人们生活水平的提高,固体废物的排放量在不断增加,成分复杂。一般按其来源分为:工业及农业固体废物、城市垃圾、危险固体废物等。由于固体废物来源面广、量大,若管理不当,必将对水体、大气和土壤带来污染。其中的有毒、有害废物和病原体,还会通过生物和环境介质的传播,危害人体健康。因此,对固体废物的处理和处置,是一个十分重要的问题。

对固体废物的处理方法,从观念上讲,首先应将固体废物视作资源。固体废物中的每一种物质都是具有再利用价值的。对固体废物的处理首先应考虑综合利用,尽可能实现固体废物的资源化。从中回收金属、玻璃、塑料、纸张、能源、肥料等,也可将量大的固体废物用来生产建筑材料。大城市采用清洁的垃圾发电是今后的发展方向。小城市及县城采用垃圾的资源化是较可行的。生活垃圾最好不要采用填埋的处理方式,因为这些垃圾迟早要污染地下水和周围的大气。美国每年都要拿出百亿美元来清理以往的垃圾填埋场,从环境中铲除这些毒瘤。填埋一般作为固体废物的最终处理方式,这有两层意义:无害固体废物,如垃圾发电后的残渣、建筑垃圾、少量的炉渣等,这是一种回归性的填埋,没有什么潜在危

害；另一种是危险固体废物的最终填埋。这种填埋的意义在于：我们目前的技术水平还不能及时、有效地回收利用这些废物，填埋的目的是安全地将其封存起来，等科技水平提高后，有了合适的利用方法，再将其挖出来，变废为宝。

0.1.5 环境污染综合防治

环境工程学具有庞大而复杂的技术体系。所研究和要解决的问题，不仅限于防治环境污染的技术措施，而且包括保护和合理利用自然资源，探讨和开发废物的资源化技术，改革生产工艺，以及按区域环境质量的要求，合理地布局与管理，以求得社会、经济和环境三个效益的统一。以这种考虑为基础，即形成了环境污染综合防治的概念。总之，对一个污染项目的治理，我们应从资源、生态、经济、社会全方位来考虑，以获得最佳的治理效果。就可以避免产生一些不应该产生的问题。例如一个污水处理场的建立，给周围居民带来了废水气溶胶及噪声的污染；治理烟气污染时，却又产生了水污染；填埋垃圾又造成地下及地面水污染；对落后的、污染严重的生产工艺产生的污染物，进行艰难的治理等等。

这些不合理现象的出现，说明环境工程设计者并未从综合防治的角度出发，而是就事论事地进行治理，结果还是留下了污染环境的后遗症。

0.2 环境工程的发展趋势

地球作为人类生存和社会发展的基础，为人类提供了适宜的生存空间和丰富的自然资源。而资源与环境是有限的。科学技术、经济的发展和社会的进步对资源与环境的需求在不断增长，这样，在环境污染控制与资源需求之间存在着矛盾的发展关系。资源、环境、经济三者发展的平衡关系决定着环境工程的发展趋势。资源的消耗促进了经济的发展。但很多资源以污染物的形式进入了环境，造成环境污染，又阻碍经济的发展。因此，环境工程的任务，就是将进入环境的污染物再资源化，在保护环境的同时，更快地促进经济的发展。

由于人们对环境保护日益重视，在环境工程领域，污染控制技术的研究与开发异常活跃。总的来看，那些投资少、运行费用低、处理效果好的方法最有生命力。有机废水的生物处理，从普通活性污泥法→氧化沟→间歇式活性污泥法(SBR)，投资及运行成本越来越低。如果采用生物稳定塘或土地处理系统进行处理，则投资及运行费用更低。因此，美国国家环保局在审批污染治理项目时，首推生物稳定塘和土地处理系统。我国山东威海市用少量的投资，利用海边的荒地，加以改造，种植芦苇，以湿地处理系统的方式处理城市污水，出水入海时，完全达

到排放标准,就是生动的一例。

当我们看到大量低成本治理污染的实用技术在应用的时候,也注意到了高新科学技术大量渗入环境工程学科领域,使之更具吸引力与想象力,同时也缩短了环境污染治理技术的更新周期。

0.2.1 生物新技术的应用

(1)生化强化废水处理技术

包括高浓度活性污泥法、粉末活性炭活性污泥法(PACT法)、间歇式活性污泥法(SBR法)、升流式厌氧污泥床法(UASB法)、生物-铁法、水解-好氧化物处理工艺(H/O法)、厌氧生物滤池等。

(2)空气净化生物技术

用生物学方法来处理废气和净化空气,是一项大气污染控制的新技术,代表空气净化技术的现代发展水平。其基本方式有生物过滤法、生物洗涤法和生物吸收法。与传统的吸收、吸附及焚烧法相比,生物法净化废气具有费用低、无二次污染等特点。早期主要用于脱臭,近年开始应用于化工等行业排放的挥发性有机废气的净化。在德国、荷兰、日本等已有近千套生物净化装置投入运行。

(3)有机废物快速堆肥和发酵技术

食品工业的许多废弃物,数量大、BOD₅值高,直接排放对环境将造成很大的危害。这些超排放标准的废弃物可作为微生物生长繁殖的营养源,可充分利用发酵技术,提高其菌体蛋白含量及其他有效成分,生产菌体蛋白饲料。

(4)固定化微生物技术

固定化微生物技术是目前各国污水处理领域竞相研究开发的内容之一。该法在反应器中保持高生物浓度,反应启动快、处理效率高、操作稳定、污泥产量低、固液分离简单,具有广阔的应用前景。对难降解有机物还有其独特的性能,固定化细菌对有毒物质的承受能力和降解能力明显增加。许多国家已在高效菌的选育方面取得了成绩,已分离出一些能降解苯酚、五氯酚、联苯、聚乙烯醇等的高效菌和染料脱色菌。

(5)膜生物反应器

膜生物反应器是将膜技术和生物技术相结合的一种被十分重视的高新水处理和水回用技术。不少工业化规模的膜生物反应器,已在水处理工程中得到实际应用。日本现在每年约有25套粪便污水的处理系统建成投产。其中有半数使用了“活性污泥法超滤膜”的膜生物反应器技术。其规模一般在50~100t/d,混合液活性污泥浓度可达12~18g/L,高于普通活性污泥法3~8倍。BOD₅去除率接近100%,出水浓度小于1mg/L。氨氮、磷等水体营养物质的去除率,也基本达到100%。其他国家,如澳大利亚、德国、法国、加拿大等,在城市污水、工业废水及给