

中國環境科學出版社

周克元 編著

新技术 在环境保护中 的应用

内 容 简 介

本书重点介绍了生物工程、核辐射、遥感、高梯度磁分离、膜分离和活性炭技术等当代新技术在环境保护中的应用。书中概略地介绍了每种新技术的发展和研究现状及其技术原理，而对其在环境保护中如何应用作了较为详细的叙述，同时对每种新技术的发展动向也作了简要的描述。

本书内容丰富、主题突出，论述简明、实用，适合于广大环境保护工作者、科研人员及环境保护专业院校的师生使用。

20128/12 新技术在环境保护中的应用

周克元 编著

责任编辑 吴振峰

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

三河县艺苑印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

1990年10月 第 一 版 开本 850×1168 1/32
1990年10月 第一次印刷 印张 10
印数 1—3 000 字数 268千字

ISBN 7-80010-680-2/X·367

定价：5.50元

前 言

《新技术在环境保护中的应用》是作者经多年对国内外环保新技术情报调查研究和认真总结的基础上编写而成的。重点介绍了当代新技术——生物工程、核辐射、遥感、高梯度磁分离、膜分离和活性炭技术在环境保护中的应用。另外，对目前环境保护技术的现状和新技术的发展动向也作了简要的描述。

该书在编写过程中，曾得到武汉大学环境科学系教授姚禄安、副教授杨麒，湖北省环境保护研究所高级工程师杨启文、高级工程师沈晓理，同济医科大学环境医学研究所副教授鲁生业等同志的关心和帮助。该书的正式出版，对我国的环境保护新技术的研究和应用以及新技术的开发，无疑地将会起到积极的推动作用。

作者对各章节编排合理，主题突出，内容丰富，所掌握的资料全面、系统，文章论述简明、实用，很适合广大环境保护工作者、环境管理人员和环境保护专业院校的师生参考，对从事环保专业新技术研究的高级专家也有一定的参考价值。

王德铭

1988年5月

目 录

绪论	(1)
一、环境保护要依靠科技进步	(1)
二、加强新技术的研究、推广与应用	(2)
第一章 生物工程在环境保护中的应用	(3)
第一节 生物工程的定义、内容及其国内外研究 进展概况	(8)
第二节 废水净化生物工程概况及其新进展	(4)
一、废水处理的生物反应器概述	(4)
二、废水净化生物工程新进展	(10)
第三节 生物工程在其他环保中的应用	(16)
一、有毒废物的处理	(16)
二、粘泥控制	(17)
三、油脂分解	(17)
四、污泥脱水	(18)
五、废物回收利用	(18)
六、农业环境保护	(19)
七、检测水和空气中的污染物	(19)
第二章 膜分离技术在环境保护中的应用	(20)
第一节 膜分离技术概述	(20)
一、膜分离技术的应用与发展简况	(20)
二、膜的选择与膜的分离机理	(21)
三、离子选择性透过膜与半透膜	(21)
第二节 反渗透和超滤在水处理中的应用	(22)
一、分离原理	(23)
二、在水处理中的主要应用领域	(28)
三、国内的研究与发展概况	(45)

第三节 电渗析在水处理中的应用	(48)
一、电渗析的原理	(48)
二、电渗析器的构造	(49)
三、电渗析技术的适用范围及其特点	(51)
四、电渗析技术在水处理中的应用实例	(52)
第四节 液膜技术在环境保护中的应用	(54)
一、液膜分离技术的发展概况	(54)
二、液膜及其分离机理	(56)
三、影响液膜分离的因素	(58)
四、液膜分离技术在废水处理及其他方面的应用	(62)
五、液膜分离技术的经济性	(75)
六、液膜技术的特点与发展动向	(76)
第三章 高梯度磁分离技术在环境保护中的应用	(78)
第一节 高梯度磁分离技术与环境保护	(78)
第二节 高梯度磁分离技术的基本原理及其分离设备	(79)
一、基本原理	(79)
二、分离设备	(81)
第三节 高梯度磁分离技术在水处理中的应用	(82)
一、概述	(82)
二、钢铁工业废水的处理	(84)
三、重金属废水的处理	(85)
四、含油废水的处理	(89)
五、印染废水的处理	(90)
六、城市污水的处理及地面水和饮用水的净化	(90)
七、有机废水的处理	(94)
八、放射性废水的处理	(97)
第四节 高梯度磁分离技术在大气污染控制中的应用	(98)
一、燃煤脱硫中的应用	(98)
二、烟气除尘中的应用	(100)
第四章 遥感技术在环境保护中的应用	(101)

第一节 遥感的基本原理	(101)
一、遥感的概念	(101)
二、电磁波波谱和传感器	(102)
三、电磁波传递的信息	(103)
四、物质与电磁波的关系	(104)
五、电磁能的传输过程	(105)
六、黑体辐射	(106)
七、太阳光的分光特性	(107)
八、大气透过特性	(108)
九、散射	(110)
十、辐射量的定义	(111)
第二节 我国的遥感技术及其发展政策	(113)
一、遥感是现代化建设的一项基本性工作	(113)
二、我国遥感技术的现状与今后的主要工作	(114)
三、我国发展遥感技术的基本政策	(117)
第三节 遥感技术在环境保护中的应用	(119)
一、遥感技术的环境意义	(119)
二、国内外环境遥感简况	(121)
三、遥感技术在环境监测中的应用	(129)
四、遥感技术在水污染调查中的应用	(139)
五、遥感技术在海洋环境调查中的应用	(143)
第五章 核技术在环境保护中的应用	(145)
第一节 核辐射技术及其在废水处理中的应用	(145)
一、核辐射技术概述	(145)
二、辐射技术在废水处理中的应用	(148)
第二节 辐射技术在污泥处理中的应用	(160)
一、辐射污泥处理概述	(160)
二、国外污泥辐射处理简况	(161)
三、辐射源的运转费用	(166)
第三节 核技术在环境监测分析中的应用	(167)
一、放射化分析法	(167)
二、利用X射线的特殊分析方法——PIXE法	(168)

第四节 核技术在地下水污染研究中的应用	(168)
一、地下水污染与核技术应用	(168)
二、同位素示踪技术	(171)
三、单井同位素稀释技术	(172)
四、核测井技术	(173)
五、环境同位素技术	(174)
第六章 活性炭技术在环境保护中的应用	(176)
第一节 活性炭技术在环境保护中的应用概况	(176)
第二节 活性炭的制作、性质与再生技术	(179)
一、活性炭的制作	(179)
二、活性炭的性质	(180)
三、活性炭的再生技术	(182)
第三节 活性炭技术在污水处理中的应用	(185)
一、基本原理	(186)
二、处理流程	(189)
三、影响吸附的因素	(192)
四、活性炭在城市污水处理中的应用	(194)
五、活性炭在工业废水处理中的应用	(201)
六、活性炭在重金属废水处理中的应用	(204)
七、活性炭在饮用水净化中的应用	(206)
第四节 活性炭技术在烟气脱硫与废气净化中的 应用	(208)
一、烟气脱硫	(208)
二、其他废气净化	(211)
第五节 活性炭技术在环境监测分析中的应用	(212)
一、活性炭分离富集水中重金属的应用概况	(212)
二、活性炭分离富集金属离子的作用机理	(214)
三、影响活性炭分离富集金属的主要因素	(217)
第七章 环境保护技术的现状及其新技术动向	(220)
第一节 大气污染控制技术的现状及其新技术动向	(220)
一、概述	(220)
二、颗粒物控制技术的现状及其新技术动向	(221)

三、硫氧化物控制技术的现状及其新技术动向	(224)
四、氮氧化物控制技术的现状及其新技术动向	(228)
第二节 水污染控制技术的现状及其新技术动向	(230)
一、概述	(230)
二、水污染控制技术的现状	(230)
三、水污染控制新技术动向	(233)
第三节 环境监测分析技术的现状及其新技术动向	(238)
一、环境监测分析技术的现状	(238)
二、环境监测分析新技术动向	(244)
第四节 废物处理技术的现状及其新技术动向	(247)
一、废物污染、来源与构成	(247)
二、废物处理与利用技术的现状	(249)
三、废物处理与利用新技术动向	(256)
第五节 城市垃圾处理技术的现状及其新技术动向	(259)
一、城市垃圾及其特点	(259)
二、城市垃圾处理技术的现状	(261)
三、城市垃圾处理新技术动向	(268)
第六节 噪声控制技术的现状及其新技术动向	(273)
一、噪声污染、危害及其主观评价	(273)
二、噪声控制技术的现状	(276)
三、噪声控制新技术动向	(286)
附录	(291)
参考文献	(309)

绪 论

一、环境保护要依靠科技进步

现代科学技术是社会生产力中最活跃的决定性的因素。随着世界新的技术革命的蓬勃发展，科学技术日益渗透到人们物质生活和精神生活的一切领域，成为提高劳动生产率的最重要的源泉，成为促进我国经济与环境协调发展的最重要的因素，成为建设现代物质文明和精神文明的最重要的基础。

在发达国家生产增长总值中，科技进步因素约占50%以上。在我国，据有关部门测算，目前在工业生产增长的总值中，科技进步的因素所占份额已达到26%左右。事实说明，社会经济的发展越来越依赖于科技进步。

环境保护事业的发展要不要依靠科学技术进步呢？认识很不一致。由于科学技术不断进步，近200年来已发生过三次产业革命，但是过去每次革命，都给生态环境带来更严重的冲击和破坏，因此科技进步对环境保护的作用，有多种不同看法。一些人认为生态环境破坏、世界性的污染等问题是科技进步引起的，“生态危机”是“技术圈”对“生物圈”的冲击，害怕新的科学技术会毁坏地球，危害人类生存，因此对科学技术的进步深表忧虑，持反对的态度。他们没有看到科学技术是一把双刃的利剑，人类完全有能力掌握它。只要我们通过制定科技政策，正确评估科技成果的正反作用，并有效地抑制其反面作用，防止对生态环境产生的消极影响，那么科学技术就可以达到既发展生产又保护环境的要求。

我国是发展中的社会主义国家，社会主义现代化的重要目标

是要建设两个文明，建立美好、清洁、安静、舒适的环境。从国情出发，我国政府把环境保护确定为基本国策。但我国可利用的自然资源，按人口平均数量不多，保护环境资源，保护生态稳定是发展工农业生产的前提。而当前我国生态环境已遭受严重的破坏和污染，经济状况又不允许花很多钱来恢复、保护环境。解决这个矛盾的主要途径，只能是依靠科学技术的进步，加强科学研究，重视新的技术革命。

二、加强新技术的研究、推广与应用

近几年来，我们已注意到新技术在环境保护科研工作中的应用，利用微型电子计算机进行大气污染监测、水质污染监测、环境数据处理、环境质量评价与预测、环境管理等，利用激光技术测定油污染，利用遥感技术开展区域性污染监测，利用生物技术处理废水，利用膜分离技术分离除去有毒有害污染物等。但是，这些先进技术的应用还很落后，有的还刚刚起步。

我们要加强新技术在环境保护事业中的应用和科学研究工作。我国现在有几十万个企业，许多企业的污染是由于大量浪费能源和资源造成的。如果我们的能源、资源利用率能达到国际上较先进的水平，估计我们的污染物排放可以减少一半。微型电子计算机的应用，对老企业的改造，特别是对中小企业的改造，将会起到我们想象不到的作用，它可以很快提高产品质量，降低物料消耗，提高经济效益，从而也减轻了环境的污染。

目前，环保新技术、新工艺、新成果很多，有些新技术已日趋成熟，并得到广泛应用。环保工作者除了继续研究应用新技术外，重要的是将新技术成果推广应用到环境保护、污染治理、废物控制中去。

第一章 生物工程在环境保护中的应用

第一节 生物工程的定义、内容及其国内外研究进展概况

生物工程是新技术革命中的重要组成部分，它是在古老的发酵工艺学基础上发展起来的一门新兴学科。在新技术革命中所占的地位仅次于被称为“国王”的微电子技术，被誉为新一代技术中的“王后”。

所谓生物工程就是将生命科学知识用于工农业及其他方面的技术，它包括基因工程、细胞工程、酶工程和发酵工程四个方面。四者之间互相联系，互相渗透，从而形成了一个不可分割的整体。

生物工程与国民经济的关系十分密切。随着生物学研究的深入开展，生物工程已成为从宏观到微观，从细胞到分子，从定性到定量而发展起来的一个新兴领域。它对人类未来社会的影响不亚于微电子学、半导体、原子能、宇宙工程、海洋工程等新兴技术。

在环境污染治理方面，科学家们正在探索用生物工程的手段，制造超级细菌，处理污水、污泥和有毒废物等。

第二节 废水净化生物工程

概况及其新进展

一、废水处理的生物反应器概述

众所周知，废水生化处理技术是生物工程中的一个领域，涉及生物工程的各个方面。几十年来，水处理生物工程的建立，对工业发达国家的水源保护起着重大的作用。近几年来，欧美日等国在这方面进行了许多研究，取得了新的进展。

(一) 废水处理生物反应器的类型及其特点

废水处理的生物反应器主要依靠高效率混合微生物群系的代谢，多样性发挥效能，这个系统可以比拟为许多极其复杂的发酵器。从生物学的观点出发，废水的生化处理可分为好氧发酵和厌氧发酵两类。废水好氧发酵处理生物反应器虽然名目繁多，但总的说来有两种：一种是依赖于混合菌种的发酵系统，在通气条件下微生物细胞包埋在自然形成的絮状物中，废水与之混合接触，称为活性污泥法。另一种是微生物有机体以膜的形式固定在填料表面，水以推流的方式与生物有机体接触，废水得到净化，称为生物膜法。这两种生物反应器各有其特色。活性污泥法处理能力大，但不易管理和操作，费用大而且产生大量的剩余污泥，大型污水处理厂大都采用该法。生物膜反应器处理能力比活性污泥法低，造价较高，但管理方便，运转费用较低，剩余生物量少，适用于小型污水处理厂，欧美等国70%的水处理厂采用这种系统。

(二) 活性污泥法反应器

活性污泥法反应器是以废水中有机污染物作为培养基（底物），在有氧的条件下，对各种微生物群体进行混合连续培养，

形成活性污泥，利用活性污泥在废水中的凝聚、吸附、氧化、分解和沉淀等作用过程，去除废水中有机污染物，使废水得到净化。

活性污泥反应器净化污水的方法是：在一段时间内将空气连续打入生活污水或有机工业废水，使水中保持足够的溶解氧，经过一定的时间，污水中可生成呈褐色、易于沉淀的絮凝体，即活性污泥。在活性污泥中存在着大量的、由各种需氧细菌和原生动物组成的微生物群体，还含有以金属氢氧化物为主体的无机物。

活性污泥反应器处理污水流程是：需处理的污水和从二次沉淀池回流的活性污泥同时进入曝气池，往曝气池打入空气，使污水和活性污泥充分混合接触，并得到溶解氧，为微生物的生长繁殖创造良好条件。污水中的有机污染物不断地为微生物所摄取、分解，污水便得到净化。混合液流入二次沉淀池，污水和活性污泥分离。净化后的污水向外排放，一部分活性污泥回流到曝气池进行接种，剩余污泥从系统中排除。

活性污泥中的微生物群体是由细菌、真菌、原生动物和后生动物等多种微生物组成的生态系。细菌是使活性污泥具有净化功能的主要微生物。活性污泥中常见的细菌有动胶杆菌、假单孢菌、芽孢杆菌、小球菌、黄杆菌、产碱杆菌、无色杆菌、产气杆菌和诺卡氏菌属等。污水中有机污染物的种类对哪些种属的细菌在活性污泥中占优势起决定作用。活性污泥中的细菌通常是以菌胶团的形式存在，呈游离状态者较少。菌胶团是由细菌分泌的胶质将细菌包覆成为表面为多糖类的粘性团块，使细菌具有抵御外界不利因素的能力，并使活性污泥自身具有良好的凝聚和沉淀的性能。菌胶团是活性污泥絮凝体的主要组成部分，形状很多，有分枝状、片状、垂丝状、蘑菇状等。活性污泥中还存在着丝状菌，常见的有球衣菌、白硫菌和硫丝菌等菌属。球衣菌对有机物有较强的氧化分解能力，但如果繁殖过多会产生“污泥膨胀”现象，影响污泥的沉淀性能，降低污水处理效果。活性污泥中的原生动

物有鞭毛虫、根足虫、纤毛虫和吸管虫等四类，它们多为游离细菌，并以有机颗粒为食。如运行条件和水质发生变化，它们的种属也随之变化，这能够在一定程度上反映水质和处理效果，因此称为指示生物。例如，处理初期是鞭毛虫类和根足虫类占优势，然后是自由游泳型的纤毛虫类居优势，而当活性污泥已经成熟，处理效果良好时，则是匍匐型或附着型的纤毛虫类占优势。活性污泥中有时也出现以轮虫为主的多细胞后生动物。轮虫只在有机物含量很低的水中出现，因此，轮虫的出现说明污水处理效果良好，但出现过多则又往往是活性污泥老化的反映。

活性污泥对有机物的降解过程可分为两个阶段。第一阶段是吸附阶段。活性污泥有较强的吸附能力，污水中大部分有机污染物是通过吸附去除的。第二阶段是摄取、分解阶段。细菌将被吸附的有机物摄入体内，进行代谢，将其中一部分合成为新的细胞，另一部分进行氧化分解，以获得能量，最终形成二氧化碳和水等物质。实践证明，有机物与微生物数量的比值(F:M)是影响有机物降解速度、活性污泥增长速度以及氧利用速度的主要因素。在实际应用上，F:M是以BOD(生物需氧量)一活性污泥负荷率(N_s)表示的，即：

$$N_s = \frac{QL_a}{VX}$$

式中 Q 为污水流量(m^3/h)； L_a 为污水 BOD_5 (5日生化需氧量)浓度(mg/L)； V 为曝气池容积(m^3)； X 为混合液(MLSS)浓度(mg/L)。

活性污泥反应器处理废水有下述几种运行方法：(1)传统活性污泥法：污水净化的两个阶段在一个统一的曝气池内连续进行。这种方法处理效果好，但需氧量分布不均，占地面积大。(2)阶段曝气法：这种方法污水沿曝气池分段进水，负荷分布均匀，需氧量也分布均匀，污泥浓度逐步降低，对二次沉淀池运行有利，处理效果与传统法相近，但效率较低。(3)生物吸附法(接触稳定法)：污水同活性污泥在吸附池混合接触15—60分钟，

进行吸附。从沉淀池回流的污泥首先在再生池内进行生物代谢，恢复活性，再进入吸附池。该方法净化效果较传统活性污泥法低。(4)延时曝气法：又称完全氧化法。这种方法负荷率很低，所需池容大，但氧化较彻底，处理效果好，产生的污泥量也较少。

(三)生物膜法反应器

生物膜反应器原理是，微生物有机体以膜的形式固定在填料表面，废水流过生长在固定支承物表面上的生物膜，利用生物氧化作用和各相间的物质交换，降解废水中有机污染物，使废水得到净化。生物膜反应器处理废水的构筑物有生物滤池和生物转盘等。

废水处理过程：生物滤池一般为长方形或圆形，池内填有滤料，滤料层上为布水装置，滤料层下为排水系统。废水通过布水装置均匀洒到生物滤池表面，呈涓滴状流下，一部分废水呈薄膜状被吸附于滤料周围，成为附着水层；另一部分则呈薄膜流动状流过滤料，并从上层滤料向下层滤料逐层滴流，最后通过排水系统排出池外。由于滤料间隙的空气不断地溶于水中，水层中保持着比较充足的溶解氧，而流过的废水中所含的大量有机物质，可作为微生物的营养源，因此水层中需氧微生物能够大量生长繁殖。微生物的代谢作用使部分有机物质被氧化分解为简单的无机物，并释放出能量。这些能量一部分供微生物自身生长活动需要，另一部分被转化合成为新的细胞物质。另外，废水通过滤池时，滤料截留了废水中的悬浮物质，并吸附了废水中的胶体物质，使大量繁殖的微生物有了栖息场所，从而在滤料表面逐渐生长起一层充满微生物及原生动物的“生物膜”。膜的外侧有附着水层，废水不断地从滤池上淋洒下来，就有一层废水不断沿生物膜上部表面流下，这部分废水为流动水层。流动水层和附着水层相接触，附着水层由于生物净化作用，所含有机物质浓度很低，流动水层通过传递作用把所含的有机物传递给附着水层，从而不断

地得到净化。同时由于生物膜上的微生物的增殖，膜的厚度不断增加，当达到一定厚度时，生物膜层内由于得不到足够的氧，由需氧分解转变为厌氧分解，微生物逐渐老化、死亡，使生物膜从滤料表面脱落，随水流至沉淀池。生物滤池的滤料上再生成新的生物膜，如此不断更新。

就部分滤料来说，处理废水效能呈周期性变化。在生物膜形成的初期，微生物的代谢活动旺盛，净化功能最好；随着生物膜逐渐加厚，内部出现厌氧分解现象，净化的功能逐渐降低，到生物膜脱落时为最低。但就整个滤池来说，滤料上生物膜的脱落是交替进行的。因此，在正常情况下，整个滤池的处理效果是基本稳定的。

由于生物膜要不断更新，脱落的生物膜随水流出，因此必须在生物滤池后设置沉淀池，这种池称为二次沉淀池。为保证生物滤池的正常工作，对含有较多悬浮物质和油脂等易于堵塞滤料的废水，须设置初次沉淀池或浮选池、隔油池等，以进行预处理。

需氧生物膜上的微生物种类很多，有细菌、真菌、藻类、原生动物和后生动物，以及肉眼可见的微型动物。生物滤池中上层、中层、下层构成生物膜的微生物，种类也有区别。需氧生物膜上微生物的代谢产物主要是二氧化碳和水，在同流动水层接触时，被流动水层带走。厌氧生物膜内的产物主要是硫化氢和氨。这些厌氧生化产物在透过需氧生物膜时大部分被氧化，因此生物滤池在工作正常时基本上没有臭气。

生物滤池在生产中应用较早的有普通生物滤池和高负荷生物滤池。前者水力负荷和有机物负荷都较低，往往采用间歇运行方式，废水中的有机物被氧化分解得比较彻底，但占地面积大。后者的水力负荷和有机物负荷都较高，采用连续运行方式，废水在滤池中停留时间短，只有易于氧化的有机物被分解，而较难氧化的有机物未及分解就被排出。因此这种滤池的净化程度不如普通生物滤池彻底，而且二次沉淀池中沉淀的污泥量较多。但它的水力负荷较高，水的冲刷力大，滤池不易堵塞。如进入滤池废水中

的有机物浓度过高，可采用回流运转方式，即将生物滤池的一部分出水回流到滤池前同进水混合。这样可以降低进水浓度，保证水的冲刷力，增加滤池中的有用微生物。

近年来由生物膜法发展起来的几种新型构筑物有：塔式生物滤池（塔滤）、生物转盘和生物接触氧化池等。

塔式生物滤池高7—24m，内部通风良好，水流紊动剧烈，水力冲刷力较强。因此，污水同空气和生物膜接触充分，生物膜更新速度快，各层生长有适应于废水性质的不同生物群，有利于有机物的生物降解。塔滤负荷较高，水力负荷每日每平方米可达90—150m³，有机物负荷每日每立方米达1100—2400g(BOD₅)。塔滤占地少，对冲击负荷也有较强的适应性。

生物转盘由固定在一横轴上的若干间距很近的圆盘组成，圆盘面生长有一层生物膜，作用与生物滤池中滤料相似。圆盘是用轻质耐腐蚀、坚固而不易挠折的材料，如泡沫聚氯乙烯、泡沫聚苯乙烯、硬聚氯乙烯、玻璃钢等材料制成。圆盘约有一半的面积浸在一个半圆形或矩形的水槽内。废水在槽中流过时，圆盘缓慢转动。圆盘的一部分浸入废水时，生物膜吸附废水中的有机物，使微生物获得营养。当转出水面时，生物膜又从大气中直接吸收氧气。如此循环反复，废水中的有机物在需氧微生物的作用下得到氧化分解。圆盘上的生物膜也会因老化不断地自行脱落，随水流出，在二次沉淀池中沉淀下来。生物转盘能处理高浓度废水，而不会发生堵塞现象。

另外，构造与生物转盘类似的还有生物转筒。

选择合适的滤料十分重要。滤料必须机械强度高，耐腐蚀，表面面积大，略呈粗糙，但又不影响水的均匀流动；滤料间应有一定的空隙，以免堵塞，并使空气流通；能就地取材，价格低廉。长期以来多用卵石、炉渣、焦炭等为滤料。近年来开始使用人工塑料滤料，如波形板和列管式滤料。这种滤料质量轻，强度高，耐腐蚀性能好，表面面积和空隙率都较大。