

云南省高等学校“十二五”规划教材

有机废物 处理工程

主 编◎陈玉保
副主编◎刘士清 马 煜

ORGANIC WASTE
TREATMENT
ENGINEERING



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

云南省高等学校“十二五”规划教材

有机废物处理工程

Organic Waste Treatment Engineering

主 编	陈玉保		
副主编	刘士清	马 煜	
参 编	尹 芳	李建昌	徐 锐
	赵兴玲	许 玲	余琼粉
	柳 静	张 成	王昌梅



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

有机废物处理工程/陈玉保主编. —北京:北京大学出版社,2012.3
ISBN 978-7-301-20361-3

I. ①有… II. ①陈… III. ①有机污染物—废物处理 IV. ①X78

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 034186 号

书 名: 有机废物处理工程

著作责任者: 陈玉保 主编

责任编辑: 王树通

标准书号: ISBN 978-7-301-20361-3/X·0050

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn>

电子邮箱: zpup@pup.pku.edu.cn

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765014 出版部 62754962

印 刷 者: 三河市博文印刷厂

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.75 印张 318 千字

2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: (010)62752024 电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

随着我国城市化和工业化进程的高速发展、人口的迅速增长以及人们物质生活的极大丰富,有机废物产生量逐日递增,其性质更趋复杂,由此引发的环境问题也日益突出。近十几年来,我国对有机废物的控制和管理的工作越来越重视,先后颁布实施了《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《中华人民共和国水污染防治法》、《中华人民共和国大气污染防治法》、《中华人民共和国可再生能源法》、《中华人民共和国循环经济促进法》和《中华人民共和国清洁生产促进法》等,使有机废物的治理与管理逐步纳入了法制化轨道,从而需要更加先进和可靠的有机废物处理、处置和资源化利用技术。

有机废物处理工程作为一门以环境科学、生态学、物理化学、生物学等理论学科为基础,以工艺技术为主导的工程课程,具有多学科相互渗透、技术工艺复杂等特点,主要包括有机固体废物生物处理技术、生物质致密成型技术、生物质热解技术、有机固体废物焚烧技术、城市生活垃圾填埋处置技术、有机废水生物处理技术、沼气发酵系统与生态农业建设、有机废水自然净化技术、有机废气处理技术等工程技术领域。近年来,我国开设有机废物相关专业课程的大专院校数量与日俱增,尤其是非环境保护专业的学校也十分关注环境保护和资源化利用。出版与有机废物相关专业教材的重要性也随之凸显重要。

本书内容既包括对有机废物污染控制的处理处置技术,也包括对有机废物作为可再生资源进行利用的各类资源化技术;内容涵盖了有机固体废物、有机废水和有机废气等方面。在全书内容设置上,为满足研究型人才培养的需要,充分体现基础理论和工艺技术相结合的特点。本书的编者旨在满足我国大专院校专科生、本科生以及研究生培养和教学的需要,兼顾研究与技术人员作为专业参考资料的需要。

由于编者水平有限,书中疏漏之处在所难免,恳请使用本书的师生多提宝贵意见。

编 者

2011年7月

目 录

前言	(1)
缩略词简表	(1)
第1章 概论	(1)
1.1 有机废物的来源与特点	(1)
1.1.1 有机废物的来源与分类	(1)
1.1.2 有机废物的特点与特征	(3)
1.2 有机废物的污染与控制	(3)
1.2.1 有机废物的污染与危害	(3)
1.2.2 有机废物的控制技术	(5)
讨论题	(6)
第2章 有机固体废物的生物处理技术	(7)
2.1 有机固体废物的生物处理原理	(7)
2.1.1 基本原理	(7)
2.1.2 好氧生物转换过程	(9)
2.1.3 厌氧生物转换过程	(10)
2.1.4 生物处理工艺的选择	(11)
2.2 有机固体废物好氧堆肥技术	(12)
2.2.1 好氧堆肥化原理	(12)
2.2.2 堆肥化过程温度变化规律	(12)
2.2.3 堆肥化的影响因素及其控制	(13)
2.2.4 好氧堆肥化工艺	(15)
2.3 有机固体废物厌氧发酵技术	(17)
2.3.1 影响厌氧发酵技术的主要因素	(17)
2.3.2 有机固体废物厌氧发酵处理工艺	(19)
讨论题	(24)
第3章 生物质致密成型技术	(25)
3.1 生物质致密成型原理	(25)
3.2 影响生物质致密成型的主要因素	(27)
3.3 生物质致密成型工艺与技术	(29)
3.3.1 生物质致密成型工艺类型	(29)
3.3.2 生物质致密成型技术	(30)
3.3.3 生物质致密成型生产工艺流程	(32)
讨论题	(33)

第4章 生物质热解技术	(34)
4.1 生物质气化技术	(34)
4.1.1 生物质气化的基本原理与指标	(35)
4.1.2 影响生物质气化的主要因素	(39)
4.1.3 生物质气化工艺与设备	(40)
4.2 生物质热解液化技术	(44)
4.2.1 反应机理	(45)
4.2.2 影响生物质热解过程及产物组成的因素	(46)
4.2.3 生物质热解液化工艺流程	(47)
4.2.4 生物质热解液化产品	(49)
4.3 生物质炭化技术	(50)
4.3.1 生物质炭化设备	(50)
4.3.2 炭化工艺类型	(51)
4.3.3 木材干馏的工艺流程	(51)
讨论题	(52)
第5章 有机固体废物焚烧技术	(54)
5.1 焚烧原理与过程	(54)
5.1.1 焚烧原理	(54)
5.1.2 焚烧过程与特点	(56)
5.1.3 有机固体废物焚烧的燃烧方式	(57)
5.1.4 焚烧过程最终产物	(58)
5.2 焚烧效果评价指标与影响因素	(59)
5.2.1 焚烧效果评价指标	(59)
5.2.2 焚烧过程影响因素	(59)
5.3 焚烧热值计算	(60)
5.4 典型焚烧系统	(61)
5.4.1 机械炉床焚烧炉	(61)
5.4.2 旋转窑式焚烧炉	(62)
5.4.3 流化床式焚烧炉	(63)
5.4.4 模组式固定床焚烧炉(控气式焚烧炉)	(64)
5.5 焚烧过程污染物及其控制	(65)
5.5.1 大气污染物及其控制	(65)
5.5.2 残渣处理与利用	(69)
讨论题	(69)
第6章 城市生活垃圾填埋处置技术	(70)
6.1 填埋工艺及技术	(70)
6.2 填埋场的选择	(71)
6.3 填埋场的生物降解过程	(73)
6.4 填埋场防渗技术	(74)

6.4.1	填埋场防渗技术类型	(74)
6.4.2	防渗层结构	(75)
6.4.3	填埋场防渗材料	(76)
6.4.4	填埋场防渗层铺装及质量控制	(77)
6.5	填埋场的设计与污染控制	(78)
6.5.1	填埋场面积和容量的确定	(78)
6.5.2	垃圾渗滤液的产生	(79)
6.5.3	渗滤液收集系统	(80)
6.5.4	垃圾渗滤液的性质	(81)
6.5.5	垃圾渗滤液处理工艺	(81)
6.5.6	气体的产生及控制	(82)
6.5.7	封场	(83)
6.5.8	场地监测与环境保护	(83)
6.6	填埋方法与操作	(84)
6.6.1	填埋方法	(84)
6.6.2	填埋操作	(85)
	讨论题	(85)
第7章	有机废水生物处理技术	(86)
7.1	活性污泥法	(86)
7.1.1	活性污泥法的基本概念与工艺流程	(86)
7.1.2	活性污泥组成及其在污水处理中的作用	(87)
7.1.3	活性污泥增长曲线	(88)
7.1.4	活性污泥法性能指标	(89)
7.1.5	活性污泥净化机理、过程及影响因素	(92)
7.1.6	曝气方法与原理	(97)
7.1.7	活性污泥法的工艺流程和运行方式	(99)
7.2	生物膜法	(114)
7.2.1	生物膜法的基本原理	(114)
7.2.2	影响生物膜法的主要因素	(116)
7.2.3	生物膜法主要类型和工艺流程	(117)
7.3	有机废水厌氧生物处理	(135)
7.3.1	厌氧生物处理原理与优缺点	(135)
7.3.2	影响厌氧生物处理的主要因素	(135)
7.3.3	厌氧生物处理反应器	(136)
	讨论题	(143)
第8章	沼气发酵系统与生态农业建设	(144)
8.1	沼气发酵系统	(144)
8.1.1	什么是沼气发酵系统	(144)
8.1.2	沼气发酵系统的输入物质	(145)

8.1.3	沼气及发酵残留物的综合利用	(145)
8.1.4	沼气发酵系统的功能	(147)
8.2	生态农业的基本概念	(147)
8.2.1	什么是生态农业	(147)
8.2.2	生态农业的基本特征	(148)
8.3	沼气发酵系统在生态农业中的地位和作用	(148)
8.3.1	生态农业建设的原则	(148)
8.3.2	沼气发酵系统的效益	(149)
8.3.3	沼气发酵系统在生态农业中的作用	(149)
8.3.4	沼气生态系统模式	(149)
8.4	以沼气为纽带的生态农业模式与典型案例	(150)
8.4.1	北方“四位一体”沼气综合利用生态模式	(151)
8.4.2	南方“猪—沼—果”沼气综合利用模式	(154)
	讨论题	(157)
第9章	有机废水自然净化技术	(158)
9.1	人工构筑湿地系统污水处理技术	(158)
9.1.1	人工构筑湿地的优缺点	(158)
9.1.2	作用机理	(159)
9.1.3	人工构筑湿地的类型与构成	(160)
9.2	污水土地处理技术	(161)
9.2.1	优点和净化机理	(162)
9.2.2	污水土地处理系统的组成	(162)
9.2.3	污水土地处理系统的工艺类型	(162)
9.3	污水稳定塘处理技术	(165)
9.3.1	概述	(165)
9.3.2	稳定塘的分类、特点与应用	(167)
9.3.3	稳定塘	(167)
	讨论题	(168)
第10章	有机废气处理技术	(169)
10.1	概述	(169)
10.1.1	有机废气	(169)
10.1.2	恶臭特性与测定方法	(170)
10.1.3	有机废气处理方法概述	(172)
10.2	催化燃烧法	(172)
10.2.1	催化燃烧的机理	(172)
10.2.2	催化剂	(173)
10.2.3	催化燃烧的工艺流程	(174)
10.2.4	催化燃烧的安全措施	(175)
10.3	吸附法	(175)

10.4	吸收法	(176)
10.5	生物法	(176)
10.5.1	生物法概述	(176)
10.5.2	生物法机理研究	(178)
10.5.3	生物滤池技术	(179)
10.5.4	生物滴滤塔技术	(180)
10.5.5	生物洗涤器	(181)
10.5.6	生物处理技术比较及发展	(182)
10.6	冷凝法	(182)
10.7	其他控制方法	(183)
10.7.1	膜分离法	(183)
10.7.2	等离子体技术	(184)
10.7.3	微波催化氧化技术	(185)
10.7.4	电晕法	(185)
10.7.5	光分解法	(185)
10.7.6	臭氧分解法	(186)
10.7.7	膜基吸收净化技术	(186)
10.7.8	纳米材料净化技术	(187)
	讨论题	(187)
	参考文献	(188)

第 1 章 概 论

1.1 有机废物的来源与特点

有机物是有机化合物的简称,通常是指含碳元素的化合物(一氧化碳、二氧化碳、碳酸盐、金属碳化物、氰化物除外)或碳氢化合物及其衍生物的总称。有机物是生命产生的物质基础。目前人类已知的有机物达 8000 多万种,数量远远超过无机物。有机物在生活和生产中的应用由来已久,最初是从天然产物中提取有用的成分。18 世纪末,已经得到一系列纯粹的化合物,如酒石酸、柠檬酸、苹果酸、乳酸等。19 世纪初,这些有机物曾被认为是在生物体内生命力的影响下生成的,所以把这类化合物叫做有机化合物,有别于从没有生命的矿物中得到的化合物。而到 19 世纪 20 年代,科学家先后用无机物人工合成许多有机物(如尿素、醋酸、脂肪等),从而打破有机物只能从有机体中取得的观念。但是,由于历史和习惯的原因,人们仍然沿用有机物这个名称。

有机废物就是指在生产、生活和其他活动中产生的丧失原有利用价值或者虽未丧失利用价值但被抛弃或者放弃的固态、液态、气态的有机类物品和物质。根据形态划分,有机废物主要包括有机固体废物、有机废水和有机废气。

1.1.1 有机废物的来源与分类

(一) 有机固体废物

有机固体废物是指以固态、半固态和置于容器中气态存在的有机废物,其种类繁多,来源非常广泛(见表 1-1)。

表 1-1 有机固体废物的类型、来源和主要组成物

类型	来 源	主要组成物
城市生活垃圾	居民生活	指日常生活过程中产生的废物,如餐厨垃圾,生活垃圾(纸屑、衣物、庭院修剪物、金属、玻璃、塑料、陶瓷、炉渣、碎砖瓦、废弃物、粪便、杂品、废旧电器等)。
	商业、机关	指商业、机关日常工作过程中产生的废物,如废纸、食物、管道、碎砌体、沥青及其他建筑材料、废汽车、废电器、废器具,含有易爆、易燃、腐蚀性、放射性的废物,以及类似居民生活餐厨类的各类废物。
	市政维护与管理	指市政设施维护和管理过程中产生的废物,如碎砖瓦、树叶、金属、锅炉灰渣、污泥、渣土等。
工业固体废物	矿业	指煤炭开发、利用加工过程中产生的废物,如煤矸石等。
	石油与化学工业	指石油炼制及其产品加工、化学品制造过程中产生的有机固体废物,如废油、浮渣、含油污泥、塑料、橡胶、纤维、沥青、油毡、涂料、农药等。

续表

类型	来 源	主要组成物
工业有机 固体废物	轻工业	指食品工业、造纸印刷、纺织服装、木材加工等轻工部门产生的废物,如各类食品糟渣、废纸、皮革、塑料、橡胶、布头、线、纤维、染料、刨花、锯末、碎木、化学药剂、塑料填料等。
	机械、电子工业	指机械加工、电器制造及使用过程中产生含有机物质的废物,如润滑剂、木材、橡胶、塑料、化学药剂以及绝缘材料等。
	建筑业	指建筑施工、建材生产和使用过程中产生的废物,如废包装材料、纤维板等。
危险有机 废物	化学工业、医疗单位、科研单位等	主要来自化学工业、医疗单位、制药业、科研单位等产生的废物,如医院使用过的器械和废弃物,化学药剂,制药厂废渣、废弃农药、炸药、废油等。
农业 固体废物	种植业	指作物种植生产过程中产生的废物,如作物秸秆、落叶、根茎、烂菜、废农膜、农用塑料、农药等。
	养殖业	指动物养殖生产过程中产生的废物,如畜禽粪便、死禽畜、死鱼虾、脱落的羽毛等。
	农副产品加工业	指农副产品加工过程中产生的废物,如畜禽加工废物、鱼虾加工废物、未被利用的菜叶、菜梗和菜根、稻壳、玉米芯、瓜皮、果皮、果核、贝壳、羽毛、皮毛等。

有机固体废物有多种分类方法,既可根据其来源、组成、形态等进行分类,也可就其危险性、燃烧特性等性质进行分类:

- (1) 根据其来源,可分为工业有机废物、农业废物、生活垃圾、医疗垃圾等;
- (2) 按其降解特性,可分为易降解有机固体废物和难降解有机固体废物;
- (3) 按其形态,可分为固态有机废物(如木屑、塑料、秸秆等)、半固态有机废物(如污泥、油泥、粪便等)和液态(气态)有机废物(如废油、废有机溶剂、置于容器中的有机气体等);
- (4) 按其污染特性,可分为危险废物和一般废物;
- (5) 按其燃烧特性,可分为易燃废物和不易燃废物。

表 1-1 列出了有机固体废物的类型、来源和主要组成物。

(二) 有机废水

有机废水是指含有有机物质的废水,包括了造纸废水、印染废水、石油化工废水、焦化废水等。根据有机废水的来源,可将其分为生活污水和工业有机废水两大类。生活污水是指人们生活过程中排出的废水,主要包括粪便水、浴洗水、洗涤水、冲洗水等;工业有机废水是指工业生产中排出的含有有机物的废水。根据有机废水的降解特性,可将其分为易降解有机废水和难降解有机废水。

(三) 有机废气

有机废气主要是指含有挥发性有机物(volatile organic compounds, VOCs),尤其是含有苯、甲苯、三氯乙烯等具有高挥发性有机物的废气总称;广义上,包括小分子的烷烃及其衍生物及醛、酯等含氧化合物。有机废气主要来源于有机原料的应用与合成材料工业。常见的挥发性有机物有脂肪类碳氢化合物,芳香类碳氢化合物,氯化碳氢化合物,酮、醛、醇、多元醇类,醚、酚、环氧类化合物,酯、酸类化合物,胺、腈类化合物。

1.1.2 有机废物的特点与特征

(一) “资源”与“废物”的相对性

从有机废物的定义可知,它是在一定时间与地点被丢弃的物质,是放错地方的资源,因此,此处的“废”具有明显的时间和空间的特征。

(1) 从时间角度看

有机废物仅仅相对于目前的科技水平还不够高、经济条件还不允许的情况下暂时无法加以利用。但随着时间的推移,科技水平的提高和经济的发展,资源滞后于人类需求的矛盾也日益突出,今天的废物势必会成为明日的资源。

(2) 从空间角度看

废物仅仅是相对于某一过程或某一方面没有使用价值,但并非在一切过程或一切方面都没有使用价值,某一过程的废物往往会成为另一过程的原料,如利用粪便产生沼气发电、农业废物生产化工产品、城市生活垃圾生产有机肥料等。

(二) 成分的多样性和复杂性

有机废物成分复杂、种类繁多、大小各异,既含有有机物又含有无机物,既有有味的又有无味的,既有无毒物又有有毒物,既有单质又有混合物,既有高分子化合物又有低分子化合物,既有边角废料又有设备零件,既有液态形式又有固体形式,其成分构成和形态可谓五花八门、琳琅满目。

1.2 有机废物的污染与控制

近年来,随着经济的快速发展,人民生活水平的不断提高,有机废物的数量也迅速递增。环境问题已成为一个全球性问题,有机废物的污染是环境问题中较为突出的问题。许多工业和农业等领域在其生产和加工过程产生了大量含有有机化合物的废气、废水和固体废物。由于对有机废物处理处置方式不当、处理力度不够,导致了对自然环境的破坏与污染以及对人体健康的危害,在一定程度上影响到了经济的健康、稳定和可持续发展。因此,有必要对这些有机废物进行控制与治理。

1.2.1 有机废物的污染与危害

(一) 有机固体废物的污染与危害

有机固体废物产生量十分巨大,全世界每年超过 10 亿吨,从而有可能导致侵占土地、污染水体和土壤、污染大气、传播疾病等一系列环境问题和社会问题。事实上,有机固体废物中蕴涵着丰富的能源物质,以卫生填埋为主的传统处置方式,在可能发生二次污染的同时,也造成了资源的极大浪费,此类处置方式已不能适应当前循环经济发展的要求。妥善、安全和有效地处理有机固体废物,既能缓解对环境的压力,又能变废为宝、生产能源,起到保护环境与解决能源的双重作用,是当前亟待解决的重点课题。

(二) 有机废水的污染与危害

目前在水中测出的有机化学污染物在 2200 种以上。美国在自来水中测出 765 种,其中 20 种确认为致癌物,26 种为可疑致癌物。废水中常见的有机污染物主要有酚类化合物、苯类化合物、卤烃类化合物以及各种油类等。

近年来,有机化合物对水体的污染日趋严重,其污染程度与对健康影响的研究越来越受到重视。当水体受到人为因素或自然因素的影响而使水质发生改变时,将影响水的正常和有效利用,并使生态环境遭到破坏,甚至危害人体健康。而水中的污染物、致病微生物及某些天然存在的化学成分则可引起介水传染病及公害病、地方病(生物地球化学性疾病)等,使得水体污染引起的人体疾病及健康问题日益严重。水体污染可引起三类主要疾病及健康问题。

(1) 介水传染病

介水传染病是由于饮用或接触了受病原体污染的水而引起的一类传染病。经饮用水传播的主要包括伤寒和副伤寒、细菌性痢疾、霍乱、病毒性肝炎、贾第鞭毛虫病、隐孢子虫病等。

(2) 地方病(生物地球化学性疾病)

地方病起因于某一区域自然界的水和土壤中某些化学元素含量过多或过少,是当地的动物和人群中发生的特有疾病。我国常见的与饮用水有关的地方病有地方性氟中毒、地方性甲状腺肿和地方性砷中毒。

(3) 急慢性中毒及远期危害

水体受污染后水中各种无机和有机化学物质超过一定含量,可危害人体健康,引起急、慢性中毒,并产生致癌、致畸等远期危害。近年来有机化合物对水体的污染日趋严重,其污染程度与对健康影响的研究越来越受到重视。

水是人类生存和发展不可替代的资源,是经济和社会可持续发展的基础,已成为世界关注的战略问题之一。在我国,水资源短缺已日趋严重,而水环境问题是导致水资源短缺的主要原因,其中有机废水的污染在水环境问题中占了很大的比重,因此有机废水的处理在环保工作中显得尤为重要。

(三) 有机废气的污染与危害

众所周知,地球上生存的人类及其他生物,必须依赖大气才能生存。大气的化学成分和物理化学性质是相对稳定的。在人类社会生产活动及地壳运动过程中,总会产生一些异常物质进入大气中。但是,有些物质在大气中并不明显地改变大气的物理和化学性质,对人类和社会并不构成直接的危害;而有些物质虽然在大气中存在极少,但由于其本身的毒性比较大,却能对人类与自然生态构成严重的危害。

按照国际标准化组织(ISO)给出的定义:“大气污染通常系指由于人类活动和自然过程引起某些物质介入大气中,呈现出足够的浓度,达到了足够的时间,并因此而危害了人体的舒适、健康、福利或危害了环境”。人类活动包括生活活动和生产活动两方面。所谓自然过程,是指由于地壳运动而造成的火山活动、森林火灾、海啸、土壤和岩石的风化以及大气圈的空气运动等。所谓对人体健康与舒适的危害,是指对人体正常生理机能的影响,引起急性病、慢性病以致死亡等。而所谓福利,是指包括与人类协调并共存的生物、自然资源以及财产和器物等。由于自然环境所具有的物理、化学和生物机能,即自然环境的自净作用会使自然过程造成的大气污染经过一段时间后自动消除,从而使生态平衡自动恢复。因此,一般说来,防止大气污染的主要对象是指人类的工业生产活动。

大量工业废气排入大气,必然使大气环境质量下降,给人体健康带来严重危害,给国民经济造成巨大损失。而在工业生产中会产生各种有机废气,主要包括各种烃类、醇类、醛类、酸类、酮类和胺类等。工业废气中最难处理的就是有机废气。这些有机废气会造成大气污染与资源浪费,通过呼吸和皮肤进入人体后,能给人的呼吸、血液、肝脏等系统和器官造成暂时性和永久性病变(尤其是

接触苯并芘类多环芳烃,能使人体直接致癌);因此有机废气的控制与治理势在必行。

1.2.2 有机废物的控制技术

有机废物的控制技术就是指采用各种手段和技术,将有机废物中的有用物质资源化或将其转化为无害物质。目前有机废物处理方法主要分为物理处理法、化学处理法、物理化学处理法和生物处理法等几类。

(一) 有机固体废物

有机固体废物的控制应遵循减量化、资源化、无害化的原则。其主要几种处理处置技术如下:

(1) 卫生填埋法

卫生填埋法是将城市生活垃圾填埋于不透水材质或低渗水性土壤内,并设有渗滤液、填埋气体收集或处理设施及地下水监测装置的填埋场的处理方法。该法具有投资小、运行费用低、操作设备简单、可以处理多种类型的垃圾等特点。

(2) 生物处理法

生物处理法是以可降解的有机固体废物为对象,通过生物的好氧或厌氧作用,使之转化为稳定产物、能源和其他有用物质的一种处理技术。其优点是:从固体废物中回收资源和能源,减少最终处置的废物量,从而减轻对环境污染的负荷。

(3) 热解处理法

热解处理法是指生物质在没有氧化剂(空气、氧气、水蒸气等)存在或只提供有限氧的条件下,通过热化学反应将生物质大分子物质(木质素、纤维素、半纤维素等)分解成较小分子的燃料物质的热化学转化方法。根据热解过程中的工艺参数,热解处理可分成气化、液化和炭化等三种工艺。热解处理充分利用了生物质所储存的能源。

(4) 焚烧处理法

焚烧处理法是以一定量的过剩空气与被处理的有机固体废物在焚烧炉内进行氧化燃烧反应,废物中的有害物质在高温下氧化、热解而被破坏,是一种可同时实现废物无害化、减量化、资源化的处理技术。焚烧处理法具有减容减量效果好、无害化彻底、可回收能源等特点,是世界各发达国家普遍采用的一种有机固体废物处理技术。

(二) 有机废水

有机废水的控制技术应通过现场的实际调查和取样分析,明确有机废水的类型、成分、性质、数量以及变化规律等,考虑纳污水体的达标要求或资源化利用情况,确定处理的程度并选择适宜的处理方法。按处理的程度,通常把有机废水划分为一级处理、二级处理和三级处理。

(1) 一级处理

一级处理主要是预处理,是采用机械物理方法或简单化学方法的初级处理,常常将其作为进一步处理的准备阶段。然而,对于有机物污染轻微的废水,亦可作为主要的处理形式。

(2) 二级处理

二级处理主要去除可生物降解的溶解性有机物或部分胶体性污染物,通常采用生物法,如活性污泥法、生物膜法和厌氧法等。

(3) 三级处理

三级处理又称深度处理,常采用生物法和物理化学法来处理二级处理的出水,以便进一步

降解污染物,并达到地表水、工业用水、生活杂用水的水质标准。生物法主要有人工构筑湿地系统、污水土地处理系统、稳定塘等;物理化学法主要有吸附、萃取、电渗析、电解等方法。

应当指出,对于一些成分较为简单的废水,往往只需采用某一单元技术;然而,对于一些成分复杂或成分虽然简单但浓度很高,而且要求处理的程度亦很高的废水,往往需采用多种处理方法联合使用,方能达到目的。以高浓度的含酚废水为例,可先采用萃取法回收酚,然后再用生化法处理。

(三) 有机废气

有机废气的控制技术主要有热破坏法(直接火焰燃烧和催化燃烧)、吸附法、吸收法、冷凝法、传统生物法等;近年来又出现了新的控制技术,如生物膜法和生物过滤法、电晕法、臭氧分解法、光催化、等离子体分解法等。

(1) 热破坏法

热破坏法是应用广泛的有机废气处理方法,特别是对低浓度有机废气,又可分为直接火焰燃烧和催化燃烧(又称催化氧化)。

(2) 吸附法

吸附法是一种重要的处理有机废气的方法,它主要是利用活性炭等对有害气体的有机成分的吸附作用,来达到去除有机废气的目的。此法主要适用于低浓度的有机废气净化,具有去除效率高、能耗低、处理工艺成熟等优点。

(3) 吸收法

利用有机废气能与大部油类物质互溶的特点,用沸点高、蒸气压低的油类作为吸收剂来吸收废气中的有机物。

(4) 冷凝法

冷凝法是利用各种有机废气在不同温度下具有不同饱和蒸气压的特点,对系统降温或增压,使处于蒸气状态的污染物冷凝并从废气中分离出来。该法具有回收物质纯度高、所需设备和操作条件简单等优点。

(5) 生物法

生物法是通过附着在介质上的活性微生物来吸收有机废气,并将其变为无害的无机物(CO_2 、 H_2O 等)或细胞组成物质;其净化实质是一种氧化分解过程。该法不仅设备简单、投资少,而且处理过程比较环保、无二次污染。

(6) 其他新处理方法

随着科学技术的进步,不断出现了如分离膜、微波催化氧化、膜基吸收净化、光降解、纳米材料等新的处理方法。

讨 论 题

1. 试讨论有机废物的来源与分类。
2. 有机废物的特点与特征有哪些?
3. 有机废物处理与处置技术有哪几类? 试举例说明。
4. 试述你身边的有机废物污染情况以及你对此的想法。

第 2 章 有机固体废物的生物处理技术

从固体废物中回收资源和能源,减少最终处置的废物量,从而减轻其对环境污染的负荷,已成为当今世界所共同关注的课题。生物处理就是以可降解的有机固体废物为对象,通过生物的好氧或厌氧作用,使之转化为稳定产物、能源和其他有用物质的一种处理技术。

有机固体废物的生物处理技术有多种,例如堆肥化、厌氧发酵、纤维素水解等。堆肥化作为大规模处理有机固体废物的常用方法得到了广泛的应用,并已取得较成熟的经验。厌氧发酵也属古老的生物处理技术,早期主要用于粪便和污泥的稳定化处理,近年来随着对有机固体废物资源化的重视,在处理其他有机固体废物(如生活垃圾)方面的地位日益升高。其他的生物处理技术尽管尚不能满足大规模有机固体废物减量化的需求,但是作为从废物中回收高附加值生物制品的重要手段,也开展了多方面的研究。

2.1 有机固体废物的生物处理原理

2.1.1 基本原理

有机固体废物处理的生物反应过程,主要包括好氧堆肥和厌氧发酵处理工艺。这两种处理工艺生物降解过程的基本原理如下:

(一) 微生物生长所需的营养条件

微生物必须自外界获取能源、碳源以及无机盐(如含 N、P、S、K、Ca、Mg 等元素的盐类)。有时还需有多种生长因子,方能维持正常的新陈代谢和生长繁殖功能。微生物所需的这类物质随微生物种类的不同而有所差异。

1. 能源和碳源

有机碳和 CO_2 是细胞组织最常见的两种碳源。利用有机碳合成细胞组织的微生物称为异养微生物,从 CO_2 中获取碳的微生物称为自养微生物。由 CO_2 转化为有机细胞组织的过程是一个还原过程,它需要能量的输入。因此,自养微生物用于合成的能量多于异养微生物,这使得自养微生物的生长速率普遍比较慢。

细胞合成所需要的能量可以由光或氧化反应来提供。那些可利用光作为能源的生物体称为光能微生物。光能微生物中包括异养微生物(如某些硫化菌),也包括自养微生物(如藻类和光合细菌)。那些从化学反应中获取能量的生物体称为化能微生物。与光能微生物一样,化能微生物中有异养的(如原生动物、真菌和大多数细菌),也有自养的(如硝化细菌)。化能自养微生物通常从有机物的氧化过程中获取能量。微生物根据能源和碳源的分类列于表 2-1 中。

表 2-1 根据能源和碳源对堆肥微生物的分类

分 类		能 源	碳 源
自养型微生物	光能自养微生物	光	CO ₂
	化能自养微生物	无机氧化-还原反应	CO ₂
异养型微生物	光能异养微生物	光	有机碳
	化能异养微生物	有机氧化-还原反应	有机碳

2. 无机盐和生长因子

除碳源和能源以外,无机盐往往也是微生物合成与生长的限制因素。微生物所需的基本无机营养元素包括 N、S、P、K、Mg、Ca、Fe、Na、Cl 等,以及一些微量元素,如 Zn、Mn、Mo、Se、Co、Cu、Ni、W 等。

除了上述无机盐以外,一些微生物在生长过程中还需要某些不能自身合成的,同时又是生长所必须由外界供给的营养物质,通常把这类物质叫做生长因子。生长因子可分为三类:氨基酸类、嘌呤和嘧啶类、维生素类。

(二) 微生物的代谢类型

根据代谢类型和对分子氧的需求,可将化能异养微生物作进一步分类。好氧呼吸的作用过程是:首先在脱氢酶的作用下,基质中的氢被脱下,同时氧化酶活化分子氧,而从基质中脱下的电子通过电子呼吸链的传递可与外部电子受体分子氧结合成水,并放出能量。在厌氧呼吸作用过程中,由于没有分子氧的参与,因而厌氧呼吸作用所产生的能量少于好氧呼吸作用。这也是异养厌氧微生物的生长速率低于异养好氧微生物生长速率的缘故。

在好氧呼吸作用中,电子受体是分子氧。只能在分子氧存在的条件下依靠好氧呼吸方能生存的微生物叫绝对好氧微生物。有些好氧微生物在缺氧时可以利用一些氧化物(如 NO₃⁻、SO₄²⁻ 等)作为电子受体来维持呼吸作用(见表 2-2),其反应过程称为厌氧过程。

表 2-2 生物反应中的典型电子受体

环 境	电子受体	过 程
好氧	氧气(O ₂)	有氧代谢
厌氧	硝酸盐(NO ₃ ⁻)	脱氮作用
	硫酸盐(SO ₄ ²⁻)	硫还原作用
	二氧化碳(CO ₂)	产甲烷过程

只能在无分子氧的条件下,通过厌氧代谢来生存的微生物叫做专性厌氧微生物。还有另外一种微生物既可以在有氧环境中也可以在无氧环境中生存,这种微生物叫做兼性微生物。根据代谢过程的不同,兼性微生物又可分为两种:真正的兼性微生物能在有氧环境下进行好氧呼吸,而在无氧环境下则进行厌氧发酵;另外有一种兼性微生物实际上是厌氧微生物,这类微生物始终进行严格的厌氧代谢,只是对分子氧的存在具有较强的忍耐能力。

(三) 微生物的种类

根据细胞结构和功能的不同,微生物可分为原核细胞类型和真核细胞类型,见表 2-3。原核细胞微生物主要包括细菌和蓝绿藻,真核细胞微生物主要包括真菌(霉菌、酵母菌)、藻类和原生动物。在生活垃圾的生物反应过程中,起主要作用的是细菌和真菌(霉菌、酵母菌)。