



高等学校“十一五”规划教材

固体废物处理与处置

Guti Feiwu Chuli Yu Chuzhi

刘汉湖 高良敏 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等学校“十一五”规划教材

固体废物处理与处置

主 编 刘汉湖 高良敏

副主编 田采霞 乔艳云 孙晓菲

李 满 杨 帆 范军富

(按姓氏笔画排序)

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书为矿业高校“十一五”规划教材,由来自7所矿业高校从事固体废物处理与处置研究的教师集体编写。全书共分八章,分别介绍了固体废物处理处置及资源化相关内容,主要包括固体废物特征与分类、相关的固体废物管理法规、固体废物收集和运输、预处理、生物处理、焚烧和热解、填埋处置及资源化利用,最后介绍了危险废物的处置方法。

全书内容简明,原理阐述透彻,突出矿业特色。本书可作为矿业高校环境科学、环境工程、市政工程专业教材,也可供其他高校相关专业使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

固体废物处理与处置/刘汉湖,高良敏主编. —徐州:

中国矿业大学出版社,2009.8

ISBN 978 -7 - 5646 - 0384 - 7

I. 固… II. ①刘…②高… III. ①固体废物—废物处理

②固体废物—废物综合利用 IV. X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 117271 号

书 名 固体废物处理与处置

主 编 刘汉湖 高良敏

责任编辑 褚建萍 周 红

责任校对 徐 玮

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 江苏徐州新华印刷厂

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 13.25 字数 331 千字

版次/印次 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价 22.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

随着经济和社会的快速发展,我国固体废物产生量大幅度增加。目前,全国城市生活垃圾年产生量已近 1.7 亿 t,全国 660 多个城市中有 2/3 处于垃圾包围之中。与大气污染、水污染问题相比,固体废物污染问题有“四最”,即“最难处置的环境问题”、“最具综合性的环境问题”、“最晚得到重视的环境问题”、“最贴近生活的环境问题”。加强固体废物的处理处置及其资源化是我国急需大力开展的工作。

我国是一个矿产资源比较丰富、矿种比较齐全的少数国家之一。截至 2007 年,全国已发现 171 种矿产,其中查明资源储量的矿产有 159 种,能源矿产 10 种,我国已成为世界上重要的矿产资源大国和矿业大国,矿业成为我国国民经济的重要基础产业。目前我国的能源消费结构中煤炭占 68%,石油占 23.45%,天然气仅占 3%。根据我国资源状况和煤炭在能源生产及消费结构中的比例,以煤炭为主体的能源结构在相当长一段时间内不会改变。据统计,2008 年全国煤炭产量达到 27.16 亿 t。煤矸石是煤矿生产排放量最大的固体废物,也是中国工业固体废物中产生量和堆积量最大的固体废物,其产生量一般为煤炭产量的 10%左右。截至 2007 年,全国积存的煤矸石固体废物有 50 亿 t,且每年以 3 亿 t 的速度增加。煤矸石在堆放过程中占用大量土地资源,遇水后发生物理化学反应,经常发生自燃和爆炸,同时对大气、土壤、地表水和地下水产生严重污染。近年来,煤矸石减量化(绿色开采技术)、综合利用及资源化技术发展很快。

固体废物处理与处置是环境科学与环境工程专业的核心课程,教育部环境科学与工程教学指导委员会制定了相应的教学大纲与基本要求。

近年来,国内陆续出版了一些有关固体废物处理处置方面的教材,为高等学校相关专业教学提供了很好的保障。但由于各高校所属行业不同,许多教材在内容上各有取舍或侧重。另外,固体废物处理技术发展也较快,因此,仍需要编写一本内容全面而简明、原理阐述透彻并能反映当前固体废物处理处置与资源化利用发展趋势的教材,以满足各高等学校环境科学与环境工程本科专业教学之需。

为此,2005 年底在徐州成立了由分别来自中国矿业大学、安徽理工大学、辽宁工程技术大学、河南理工大学、西安科技大学、黑龙江科技学院、华北科技学院共 7 所具有矿业背景的高校,长期从事固体废物处理处置研究的教师组成的教材编写组,并根据编写者的研究背景进行了分工。编者根据教育部高等学

校环境科学与工程教学指导委员会对固体废物教材内容的规范要求,历经整整3年时间于2008年全面完成了整个教材的编写。随后主编又进一步结合固体废物处理的最新进展和实际工程的需要,对各个章节进行了程度不等的删减、增补、订正。

本教材在编写过程中主要遵循了以下4个原则:一是体现教育部环境科学与工程教学指导委员会的要求,教材内容覆盖固体废物处理与处置及资源化整个体系;二是突出矿业特色,在煤矸石及粉煤灰资源化利用上做了详尽介绍;三是体现可持续发展、清洁生产、绿色技术等新思想,内容具有较好的新颖性;四是加强政策性和环保法规及标准教学,在附录中摘录了中华人民共和国固体废物污染环境防治法、煤矸石利用技术政策的相关内容,并介绍了固体废物处理处置的技术政策及相关标准。

教材编写分工:前言、第一章、附录由中国矿业大学刘汉湖编写;第二章由安徽理工大学高良敏编写;第三章由河南理工大学田采霞编写;第四章由西安科技大学杨帆编写;第五章及第七章第三节由中国矿业大学孙晓菲编写;第六章由辽宁工程技术大学范军富编写;第七章(第三节除外)由黑龙江科技学院乔艳云编写;第八章由华北科技学院李满编写。

本书还参考引用了一些相关教材、专著和论文的内容,编者在此向他们一并表示谢意。限于编者水平,书中难免有错漏和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2008年12月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 固体废物的特征与分类	1
第二节 固体废物对环境的危害及处理处置	6
第三节 固体废物管理	9
第二章 固体废物的收集和运输	14
第一节 工业固体废物的收集、运输	14
第二节 生活垃圾的收集、运输	14
第三节 生活垃圾的转运及转运站设计	24
第三章 固体废物的预处理	27
第一节 固体废物的压实	27
第二节 输送与输送机械	30
第三节 固体废物的破碎	36
第四节 固体废物的分选	45
第四章 固体废物的生物处理	60
第一节 固体废物的好氧堆肥处理	60
第二节 固体废物的厌氧消化处理	71
第三节 固体废物的微生物浸出	76
第四节 固体废物的其他生物处理技术	80
第五章 固体废物的焚烧与热解处理	85
第一节 固体废物焚烧处理概述	85
第二节 固体废物焚烧原理	88
第三节 焚烧系统与设备	94
第四节 固体废物的热解处理	98
第六章 固体废物的填埋处置	104
第一节 填埋技术概述	104
第二节 卫生土地填埋处置	105
第三节 安全土地填埋处置	122
第四节 填埋场环境影响评价	133

第七章 固体废物的资源化利用	138
第一节 概述.....	138
第二节 城市生活垃圾的资源化利用.....	138
第三节 煤系固体废物的资源化利用.....	142
第四节 化工废渣的资源化利用.....	160
第五节 冶金固体废渣的资源化利用.....	165
第六节 建筑垃圾的资源化利用.....	169
第七节 电子垃圾的资源化利用.....	171
第八章 危险废物的固化与安全处置	175
第一节 危险废物的固化.....	175
第二节 危险废物的安全处置.....	184
第三节 放射性固体废物及其安全处置.....	188
参考文献	193
附录 1 中华人民共和国固体废物污染环境防治法	195
附录 2 固体废物处理与处置产业及技术政策清单	196
附录 3 国家经贸委、科技部关于印发《煤矸石综合利用技术政策要点》的通知	197
附录 4 固体废物管理相关标准及规范清单	201

第一章 绪 论



本章要点

本章主要介绍固体废物的概念、特征与分类,对环境的危害,固体废物处理与处置的基本方法及其管理等。通过学习掌握固体废物的概念和分类,了解固体废物处理与处置的目的及分类,固体废物污染的污染途径和固体废物的管理政策等。

随着人类社会的发展,特别是近百年来现代工业的发展和科学技术的突飞猛进,人类创造了巨大的物质财富,同时也产生了大量的固体废物。据统计,目前我国每年产生各类固体废物总量达 54 亿 t,但实际处理的固体废物只占很少比例,数以亿吨计的固体废物没有得到妥善处置。而这些废物一旦进入大气、地下水、地表水,就会造成污染,影响我国空气污染治理效果。

固体废物的定义很多,在修订后的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》中明确提出:固体废物,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、半固态和置于容器中的气态的物品、物质以及法律、行政法规规定纳入固体废物管理的物品、物质。这里所指的生产包括基本建设、工农业,以及矿山、交通运输、邮政电信等各种工矿企业的生产建设活动;所指的生活包括居民的日常生活活动,以及为保障居民生活所提供的各种社会服务及设施,如商业、医疗、园林等;其他活动则指国家各级事业及管理机关、各级学校、各种科研机构等非生产性单位的日常活动。

与水污染物和大气污染物相比,固体废物具有时间和空间的相对性。从循环经济角度看,某个企业或生产过程产生的固体废物可能暂时无使用价值,但可以成为别的企业或生产过程的原料。在经济技术落后的国家或地区产生的废物,在经济技术发达国家或地区可能是宝贵的资源。在当前经济技术条件下暂时无使用价值的废物,在发展了循环利用技术后可能就是资源。因此,固体废物常被看做是“放错地点的原料”。

第一节 固体废物的特征与分类

一、固体废物的特征

与水污染物、大气污染物相比较,固体废物具有下列特征:

(1) 时空性。时空性包括时间性和空间性。时间性是指“资源”和“废物”在时间上是相对的,除生产、加工过程中会产生大量被丢弃的物质外,任何产品和商品经过一定时间使用后都会变成废物。空间性是指固体废物虽然在某一个过程和某一个方面没有使用价值,但往往会成为另外过程的原料。因此,固体废物处理处置和资源化利用将是我们长期面对的

问题和任务。

(2) 持久危害性。固体废物成分复杂而多样,其中包括有机物与无机物,金属和非金属,有毒物与无毒物,单一物与聚合物;它们在进入人们生活环境后的降解过程漫长而复杂,难以控制,如“20 世纪最糟糕的发明”塑料在环境中降解的时间长达几百年,与废水、废气相比对环境的危害更为持久。目前,我国正在实行的“限塑令”政策有望遏制这一问题。

因此,与其他环境问题相比,固体废物问题有“四最”。

(1) 最难处置的环境问题。因为固体废物含有的成分相当复杂,来源多种多样,其物理性状也千变万化,处理处置的难度很大。

(2) 最具综合性的环境问题。固体废物既是各种污染物质的富集终态,又是土壤、大气、地表水、地下水的污染源,因此固体废物的处理处置具有综合性特征。如垃圾填埋场在处理垃圾的同时,必须考虑垃圾渗滤液和产生的气体的处理问题。

(3) 最晚得到重视的环境问题。从国内外总的趋势看,固体废物污染问题较之大气、水污染问题是最后引起人们的注意的,也是最少得到重视的环境问题。

(4) 最贴近生活的环境问题。固体废物问题,尤其是城市生活垃圾,最贴近人们的日常生活,因而是与人类生活最息息相关的环境问题。

二、固体废物的分类

固体废物分类方法很多,常见的有以下 4 种分类方法。

(一) 按其化学特性分

可分为无机废物和有机废物两类,其中有机废物又可分为可分解废物与不可分解废物。例如,聚乙烯薄膜和聚苯乙烯泡沫塑料餐具由于其不可分解性造成了“白色污染”,成为令人头痛的社会和环境问题。有数据表明,一般塑料制品在自然界中的降解周期是 200~400 a。

(二) 按其来源分

可分为矿业固体废物、工业固体废物、农业固体废物、城市生活垃圾、环境工程废物和有害固体废物 6 类。

1. 矿业固体废物

来自于矿山开采与选矿加工过程,主要包括尾矿、废矿石、废渣、剥离物、煤矸石等。其性质因矿物成分不同而异,量大类多。

我国是一个矿产资源比较丰富、矿种比较齐全的少数国家之一。截至 2007 年,全国已发现 171 种矿产,其中查明资源储量的矿产有 159 种,能源矿产 10 种,我国已成为世界上重要的矿产资源大国和矿业大国,矿业成为我国国民经济的重要基础产业。

煤炭被人们誉为黑色的金子,工业的食粮,是 18 世纪以来人类社会使用的主要能源之一。从世界范围看,虽然煤炭的重要位置已被石油所代替,但在今后相当长的一段时间内,由于石油的日渐枯竭,而煤炭因为储量巨大,加之科学技术的飞速发展,煤炭液化、气化等新技术日趋成熟,并得到广泛应用,煤炭必将成为人类生产生活中的重要的能源之一。从我国煤炭资源看,我国煤炭资源总量为 5.6 万亿 t,其中已探明储量的为 1 万亿 t。目前我国能源消费结构中煤炭占 68%,石油占 23.45%,天然气仅占 3%。根据我国资源状况和煤炭在能源生产及消费结构中的比例,以煤炭为主体的能源结构在相当长一段时间内不会改变。据统计,2003 年全国煤炭产量达到 17.36 亿 t,2004 年达到 19.5 亿 t,2005 年达到 22.47 亿 t,2006 年达到 23.3 亿 t,2007 年达到 25.23 亿 t。据专家预测,2020 年我国煤炭产量将达到

28 亿 t。

煤矸石是煤矿生产排放量最大的固体废物,也是中国工业固体废物中产生量和堆积量最大的固体废物,产生量一般为煤炭产量的 10%左右。截至 2007 年,全国积存的煤矸石固体废物有 50 亿 t,且每年以 3 亿 t 的速度增加。

2. 工业固体废物

工业固体废物,是指在工业生产活动中产生的固体废物。工业固体废物来源多样,主要包括化学工业、石油化工工业、有色金属工业、交通运输、机械工业、轻工业、建筑材料工业、纺织工业、食品加工工业、电力工业等产生的废物。该类废物具有来源广、种类繁多、数量巨大等特点。表 1-1 列举了不同工业所产生的固体废物种类。

表 1-1 主要工业类型及所产生的固体废物种类

工业类型	主要固体废物种类
化学工业	金属填料、陶瓷、沥青、化学药剂、油毡、石棉、烟道灰、涂料等
石油化工	催化剂、沥青、还原剂、橡胶、炼制渣、塑料、纤维素等
有色金属	化学药剂、废渣、赤泥、尾矿、炉渣、烟道灰、金属等
交通运输、机械	涂料、木料、金属、橡胶、轮胎、塑料、陶瓷、边角料等
轻工业	木质素、木料、金属填料、化学药剂、纸类、塑料、橡胶等
建筑材料	金属、瓦、灰、石、陶瓷、塑料、橡胶、石膏、石棉、纤维素等
纺织工业	棉、毛、纤维、塑料、橡胶、纺纱、金属等
食品加工	油脂、果蔬、五谷、蛋类食品、金属、塑料、玻璃、纸类、烟草等
电力工业	炉渣、粉煤灰、烟灰

3. 农业固体废物

来自于农林牧渔业生产、加工和养殖过程所产生的固态和半固态废物。

4. 城市生活垃圾

来自于城市日常生活或者为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废物以及法律、行政法规规定视为生活垃圾的固体废物,主要包括:厨余物、废纸屑、废塑料、废橡胶制品、废编织物、废金属、废玻璃、废旧家用电器、废旧家具等。城市生活垃圾的组成、产生量及组分与城市人口数量、居民生活水平、生活习惯、季节气候、环境条件等因素有密切关系。一般可分为 4 类:第一类为内在因素,是指直接导致垃圾产生量、成分变化的因素。例如,在其他因素不变的情况下,人口增加,垃圾产生量必然增加;经济的发展和居民生活水平的提高,使居民消费品数量与类别增加,相应垃圾产生量和成分都会增加。第二类为自然因素,主要是指地域(地理位置和气候等)、季节因素的影响。例如夏天瓜果大量上市,产生大量的易腐烂有机垃圾。第三类为个体因素,主要是指产生垃圾的个体行为习惯、生活方式、受教育程度等因素。第四类为社会因素,是指社会行为准则、社会道德规范、法律规章制度等,是一种制约内在因素和个体行为的外部因素。下面具体分析内在因素和自然因素对城市生活垃圾产量及成分的影响。

(1) 内在因素的影响

一般来说,城市规模越大,聚居人口越多,产生的垃圾量也越多。随着我国城市化速度

的提高,这种情况愈加明显。以上海市为例,随着人口数量的增多,垃圾产生量逐年增长(见表 1-2)。

表 1-2 上海市生活垃圾产量与人口增长的关系

年 份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
市区人口数/万人	783.48	786.18	792.75	948.01	953.04	956.66	961.02	1 018.6
垃圾产生量/t·d ⁻¹	3 817	4 049	4 115	4 591	4 571	5 097	5 730	6 217

居民生活水平既包括城市居民的生活消费水平,也包括市场商品品种和供应方式。例如,我国城市日常消费品过度包装的发展,引起了生活垃圾中无用成分和体积的改变,从而带来可燃物质含量、可再利用物质含量、容重、发热量等的变化。随着城市居民经济收入和生活水平的提高,垃圾中有机物含量也在增加。

世界上不同国家居民生活水平有差异,人均日产生垃圾量也存在明显差别。例如,2007 年美国纽约人均日产垃圾 4 kg,而中国徐州人均日产垃圾量只有 0.95 kg,相差 4.2 倍。表 1-3 是发展中国家与发达国家生活垃圾人均日产生量的比较。

表 1-3 20 世纪 90 年代部分国家生活垃圾人均日产量 kg/(人·d)

国 家	美 国	加 拿 大	挪 威	日 本	意大利	比利时	中 国
人均日产量	2.20	1.65	1.29	1.12	0.95	0.94	0.60

城市能源结构与城市居民的生活息息相关,特别是气化率对生活垃圾产生量和成分的变化有着重要影响。发达国家城市能源以电和气态燃料为主,城市生活垃圾中煤灰含量低,可燃物和有用物质成分含量比较高。发展中国家城市由于以煤为主要生活能源,煤灰在城市生活垃圾中占相当比例,尤其在我国的内陆或经济薄弱的城市,煤灰可占城市生活垃圾总量的 3/4。

(2) 自然因素的影响

自然因素是指城市的地理位置、气候和季节等影响居民生活垃圾产生量和成分的相关因素,是一种外在因素。

不同地理位置的城市,特别是南方与北方城市的气候不同,城市生活垃圾人均日产生量也不同。有资料数据表明,北方城市人均日产垃圾量高于南方城市,这种量的差异的原因较多,主要是北方地区因取暖能耗大大高于南方地区,因而生活垃圾量偏高。

另外,南、北方城市的地域差别因素,也影响了其城市生活垃圾成分。对南、北方不同城市的生活垃圾成分进行统计研究,结果表明北方城市生活垃圾中有机成分低于南方城市,无机成分尤其是煤灰含量大大高于南方各城市。表 1-4 列出了 2007 年徐州市、太仓市城市生活垃圾组分。

表 1-4 徐州市、太仓市城市生活垃圾组分(湿基) %

城市	厨余类	纸类	果类	竹木	塑料	纤维	橡胶	灰土	金属	玻璃
徐州	40.55	15.10	8.57	3.85	13.68	3.44	0.49	11.33	0.83	2.18
太仓	67.77	5.14	—	2.32	14.61	4.70	—	2.85	0.51	2.10

南方城市垃圾中的有机物与可燃物比例高于北方城市,其主要原因有:气候差异导致北方城市生活能源中燃煤比例及使用期均高于和长于南方城市,因而垃圾中灰土增加,有机物比例相对小;饮食结构差异导致南方城市居民的瓜果、蔬菜的食用量及食用期大于和长于北方城市,因而城市垃圾中有机成分相对高;就整体经济水平而言,南方城市高于北方城市,因此垃圾中的纸张、塑料等可燃物、可回收物的比例相对大;无论南方还是北方,经济较发达地区的城市垃圾中有机物及可燃物比例较大,如上海、广州、汕头、海口、天津、威海、烟台等城市。

季节因素对城市生活垃圾的产生量及成分影响较显著,表 1-5 列出了 2007 年徐州市不同季节的生活垃圾产生量及灰分、可燃物、水分随季节的变化情况。

表 1-5 徐州市生活垃圾产生量及灰分、可燃物、水分随季节的变化情况

季 节	春 季	夏 季	秋 季	冬 季
生活垃圾产量/ $t \cdot d^{-1}$	1 188.65	1 577.68	1 204.54	1 522.11
灰 分/%	18.94	14.32	15.40	13.40
可燃物/%	38.09	25.23	39.37	35.49
水 分/%	42.97	60.15	45.23	51.11

由表 1-5 可见,夏季(6、7、8 月)生活垃圾产生量最高,水分最高,可燃物最低,这与市民大量消费水果等食品有关;冬季(12、1、2 月)生活垃圾产量也很高,灰分最低;春季(3、4、5 月)、秋季(9、10、11 月)生活垃圾产量接近,可燃物也接近,但是春季灰分最高,这与居民耗煤取暖有关。

5. 环境工程废物

主要是指在处理处置废水、废气过程中产生的污泥、粉尘等。随着人们对环境治理的重视和大量环保设备投入运营,这类废物的产生量越来越大,如 2004 年我国污水处理厂产生的泥饼(含水率 75%)达到 7 000 t,剩余污泥的处置技术成为环境领域的研究热点。

6. 有害固体废物

有害固体废物又称危险废物,是指列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有危险特性的固体废物。有害固体废物主要来自于核处理、核电工业、医疗单位以及化学工业,属于危险品范畴,具有腐蚀性、剧毒、传染性、反应性、易燃性、易爆性、放射性等特点。此类废物危害极大,需要无害化处理和安全处置。

我国 2008 年 8 月 1 日实施的《国家危险废物名录》中规定了 49 类危险废物,包括 498 种危险化学品,该名录中规定的危险废物既包括固体废物,也包括液态废物。

(三) 按其危害状况分

可分为有害废物和一般废物。

(四) 按其形状分

可分为固体废物(粉状、粒状、块状)和半固体废物(污泥)。

第二节 固体废物对环境的危害及处理处置

一、固体废物的污染途径

固体废物,特别是有害固体废物,如处理处置不当,其中的有毒有害物质(重金属、病原微生物)可以通过环境介质——大气、土壤、地表或地下水进入生态系统形成污染,对人体产生危害,同时破坏生态环境。其具体途径取决于固体废物本身的物理、化学和生物性质,而且与固体废物处置所在场地的地质、水文条件有关。

固体废物污染途径是多方面的,主要有以下几种途径:① 通过填埋或堆放渗漏到地下污染地下水源;② 通过雨水冲刷流入江河湖泊造成地面水污染;③ 通过废物堆放或焚烧会使臭气与烟雾进入大气,造成大气污染;④ 有些有害毒物施用在农田上会通过生物链的传递和富集进入食品,进而进入人体。固体废物污染途径如图 1-1 所示。

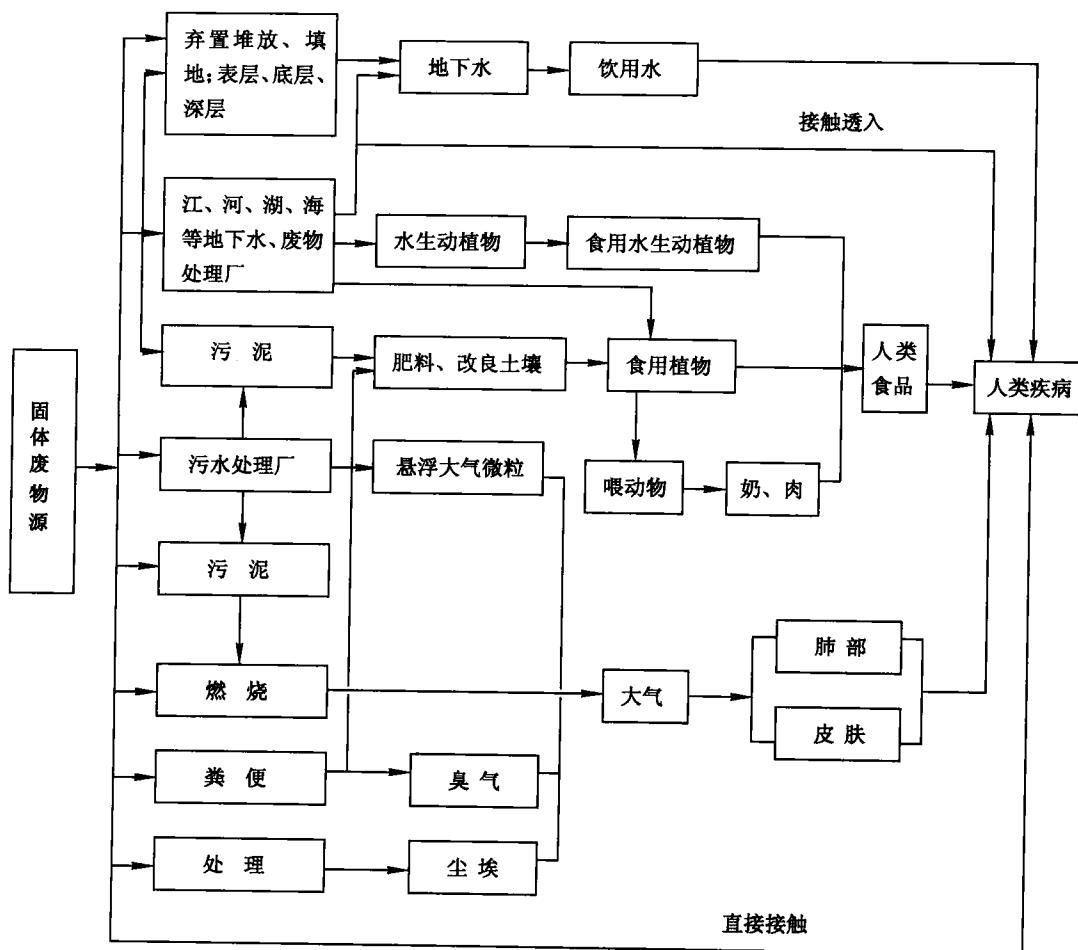


图 1-1 固体废物的污染途径 (引自宁平)

二、固体废物的危害

(一) 对土壤环境的影响

固体废物任意露天堆放,必将占用大量的土地,破坏地貌和植被。据估算,每堆积 1×10^4 t 废渣约占地 667 m^2 。固体废物及其淋洗和渗滤液中所含有害物质会改变土壤的性质和结构,并对土壤中微生物产生影响。这些有害成分的存在,不仅有碍植物根系的发育和生长,而且还会在植物体内积蓄,通过食物链危害人体健康。

固体废物中的有害物质进入土壤后,还可能在土壤中进行积累。我国西南某市郊农田因长期施用垃圾,土壤中汞浓度超过本底值 8 倍,铜、铅浓度分别增加 87% 和 55%,对作物的生长等带来危害。

(二) 对大气环境的影响

堆放的固体废物中的细微颗粒、粉尘随风飞扬,从而对大气环境造成污染。据研究表明,当风力在 4 级以上时,粉煤灰或尾矿堆表层粒径小于 1.5 cm 的粉末将出现剥离,其飘扬的高度可达 $20 \sim 50 \text{ m}$ 。而且堆积的废物中某些物质发生化学反应,可以产生毒气或恶臭,造成地区性空气污染。例如,我国大量堆放的煤矸石山遇水后发生物理化学反应,经常发生自燃和爆炸,自 20 世纪 80 年代以来,河南平顶山煤业集团相继发生过 50 多起矸石山自燃和爆炸事件,在自燃过程中产生大量的二氧化硫,污染当地空气。

垃圾填埋场堆放过程中产生的沼气会对大气环境造成影响,如 2006 年引起全社会关注的北京六里屯垃圾填埋场,污染严重,臭气使附近居民不敢开窗,无法入睡,影响了附近居民的身体健康,一些老人出现呕吐情况。另外,垃圾填埋场产生的沼气在一定程度上加剧了全球温室效应,目前国内部分垃圾填埋场通过采用清洁发展机制(CDM)来收集、处理沼气,达到节能减排的目的。

(三) 对水环境的影响

在世界范围内,有不少国家直接将固体废物倾倒入河流、湖泊或海洋。在这个过程中,固体废物随天然降水或地表径流进入河流、湖泊,污染地表水;并产生渗滤液渗透到土壤中,进入地下水,使地下水受到污染;废渣直接排入河流、湖泊或海洋,会造成更大污染。

生活垃圾未经无害化处理就任意堆放,也造成许多城市地下水污染。哈尔滨市韩家洼子垃圾填埋场的地下水色度和锰、铁、酚、汞含量及细菌总数、大肠杆菌数等都严重超标,锰含量超标 3 倍多,汞含量超标 20 多倍,细菌总数超标 4.3 倍,大肠杆菌数超标 11 倍。

三、固体废物污染控制

固体废物污染控制需从两个方面入手:一是减少固体废物的排放量,二是防治固体废物污染。为使得工业生产中固体废物产生量减少,需积极推行清洁生产审核制度,鼓励和倡导不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的技术和设备、改善管理、综合利用等措施,从源头消减固体废物污染,提高资源利用效率,减少或避免在生产、服务和产品使用过程中产生的固体废物,以减轻或消除固体废物对人类健康或环境的危害。对于工业固体废物,可采取以下主要控制措施:

(1) 积极推行清洁生产审核,实现经济增长方式的转变,限期淘汰固体废物污染严重的落后生产工艺和设备;

(2) 采用清洁的资源 and 能源;

(3) 改用精料;

- (4) 改进生产工艺,采用无废或少废技术和设备;
- (5) 加强生产过程控制,提高管理水平和加强员工环保意识的培养;
- (6) 提高产品质量和寿命;
- (7) 发展物质循环利用工艺;
- (8) 进行综合利用;
- (9) 进行无害化处理与处置。

城市生活垃圾的产生量与城市人口、燃料结构、生活水平等有密切关系,其中人口是决定城市垃圾产量的主要因素。为有效控制生活垃圾的污染,可以采取以下措施:

- (1) 鼓励城市居民使用耐用环保物质资料,减少对假冒伪劣产品的使用;
- (2) 加强宣传教育,积极推进城市垃圾分类收集制度;
- (3) 改进城市的燃料结构,提高城市的燃气气化率;
- (4) 进行城市生活垃圾综合利用;
- (5) 进行城市生活垃圾的无害化处理与处置,通过焚烧处理、卫生填埋处置等无害化处理处置措施,减轻污染。

四、固体废物处理与处置系统

固体废物处理是指通过物理、化学、生物等方法,使固体废物转化为便于运输、贮存、资源化利用以及最终处置的一种过程。

固体废物处置是指对已无回收价值或确属不能再利用的固体废物(包括对自然界及人身健康危害性极大的危险废物),采取长期置于与生物圈隔离地带的技术措施,也是解决固体废物最终归宿的手段,故也称为最终处置技术。

固体废物资源化工程是指用物理、化学和生物工程等手段与方法,使固体废物化害为利、综合利用,既解决了环境污染问题,又从一定程度上缓解了资源短缺的矛盾。

就城市生活垃圾和工业固体废物而言,固体废物处理处置系统由收运子系统、处理子系统和处置子系统 3 部分构成,其系统及其过程如图 1-2 所示。

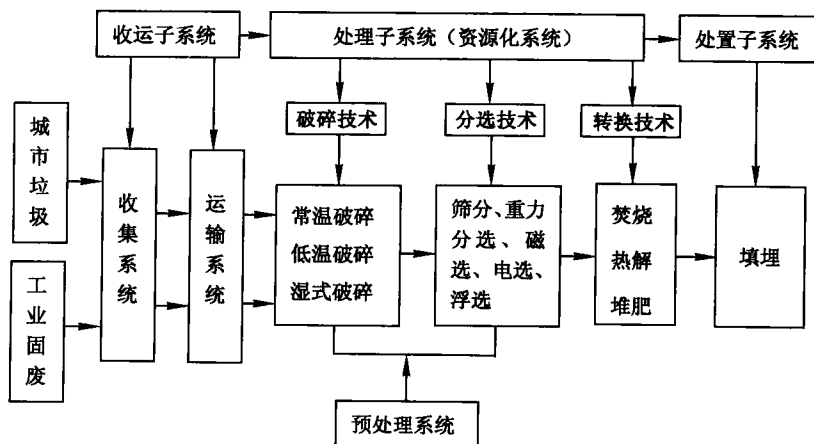


图 1-2 固体废物处理处置系统示意图 (引自张小平)

第三节 固体废物管理

人类社会进入 21 世纪,城市固体废物已成为制约各国经济发展的重要因素。城市固体废物管理过程中的不同环节成为人类关注的焦点。我国目前是世界上最大的发展中国家,2003 年全国 660 多个城市固体废物的清运量为 1.5 亿 t,人均年产量达到 440 kg。目前我国城市固体废物的累计堆存量已达到 70 亿 t,预计每年以 7%~8% 的速度增长。城市固体废物的增长成为社会和谐发展的重要“瓶颈”之一。

一、相关固体废物管理法规

解决固体废物污染控制问题的关键之一是建立和健全相应的法规、标准体系。20 世纪 70 年代以来,人们逐步加深了对固体废物环境管理重要性的认识,不断加强对固体废物的科学管理,并从组织机构、环境立法、科学研究和财政拨款等方面给予支持和保证。许多国家开展了固体废物及其污染状况的调查,并在此基础上制定和颁布了固体废物管理的法规和标准。

世界各国的固体废物管理法规都经历了一个漫长的、从简单到完善的过程。美国 1965 年制定的《固体废物处置法》是第一个关于固体废物的专业性法规,该法 1976 年修改为《资源保护及回收法》(RCRA),并分别于 1980 年和 1984 年经美国国会加以修改,日臻完善,迄今为止成为世界上最全面、最详尽的关于固体废物管理的法规之一。根据 RCRA 的要求,美国 EPA 又颁布了《有害及固体废物修正案》(HSWA),其内容共包括九大部分及大量附录,每一部分都与 RCRA 的有关章节相对应,实际上是 RCRA 的实施细则。为了清除已废弃的固体废物处置场对环境造成的污染,美国又于 1980 年颁布了《综合环境对策保护法》(CERCLA),俗称《超级基金法》。日本关于固体废物的法规主要是 1970 年颁布并经多次修改的《废弃物处理及清扫法》,迄今为止成为包括固体废物资源化、减量化、无害化以及危险废物管理在内的相当完善的法规体系。此外,日本还于 1991 年颁布了《促进再生资源利用法》,对促进固体废物的减量化和资源化起到了重要作用。

我国全面开展环境立法的工作始于 20 世纪 70 年代末期。在 1978 年的宪法中,首次提出了“国家保护环境和自然资源,防止污染和其他公害”的规定,1979 年颁布了《中华人民共和国环境保护法(试行)》,1989 年通过了《中华人民共和国环境保护法》,这是环境保护的基本法,对我国的环境保护工作起着重要的指导作用。1995 年我国颁布了《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》,该法于 2004 年经第十届全国人民代表大会常务委员会第十三次会议予以修订通过。修订的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》共分为六章,内容涉及总则、固体废物污染环境防治的监督管理、固体废物污染环境的防治、一般规定、工业固体废物污染环境的防治、城市生活垃圾污染环境的防治、危险废物污染环境防治的特别规定、法律责任及附则等,这些规定从 2005 年 4 月 1 日正式成为我国固体废物污染环境防治及管理的法律依据。

二、“三化”原则和“全过程”管理原则

1996 年 4 月 1 日实施的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》,确立了固体废物污染防治的“三化”原则和“全过程”管理原则。

(一) 固体废物污染防治的“三化”原则

我国固体废物污染防治工作起步较晚,技术力量及经济力量有限。在 20 世纪 80 年代中期提出了“化减量”、“无害化”和“资源化”作为固体废物污染控制的技术政策,并确定今后较长一段时间内以“无害化”为主。由于技术经济原因,我国固体废物处理利用的发展趋势必然是从“无害化”走向“资源化”,“资源化”是以“无害化”为前提的,“无害化”和“减量化”应以“资源化”为条件。

固体废物“减量化”是指通过实施适当的技术,一方面减少固体废物的排出量,例如在废物产生之前,采取改革生产工艺、产品设计和改变物资能源消费结构等措施;另一方面减少固体废物容量,例如在废物排出之后,对废物进行分选、压缩、焚烧等加工工艺。通过适当的手段减少和减小固体废物的数量和体积。

固体废物“无害化”是指通过采用适当的工程技术(包括热解技术、分离技术、焚烧技术、生化好养或厌氧分解技术等)对废物进行处理,使其对环境不产生污染,不致对人体健康产生影响。

固体废物“资源化”是指从固体废物中回收有用的物质和能源,加快物质循环,创造经济价值的广泛的技术和方法。它包括物质回收、物质转换和能量转换。目前,工业发达国家出于资源危机和环境治理的考虑,已经将固体废物“资源化”纳入资源和能源开发利用之中,逐步形成了一个新兴的工业体系——资源再生工程。例如,欧洲各国将固体废物资源化作为解决固体废物污染和能源紧张的方式之一,并将其列入国民经济政策的一部分,投入巨资进行开发。日本由于资源缺乏,将固体废物“资源化”列为国家的重要政策,当作紧迫课题进行研究。美国把固体废物列入资源范畴,将固体废物资源化当作固体废物处理的替代方案。我国固体废物“资源化”起步较晚,在 20 世纪 90 年代将八大固体废物“资源化”列为国家的重大技术经济政策。目前,日本、欧洲各国固体废物“资源化”率已经达到 60%,我国则较低。

固体废物“资源化”具有环境效益高、生产成本低、生产效率高、能耗低等特点。例如,用废铁炼钢代替铁矿石炼钢可节约能耗 74%,减少空气污染 85%,减少矿山垃圾 97%。用铁矿石炼 1 t 钢需 8 个工时,而废铁炼钢仅需 2~3 个工时。因此,固体废物“资源化”不仅可以获得良好的经济效益,还可节约资源、能源,在“资源化”的同时除去某些潜在的毒性物质,减少废物堆置场地和废物贮存量。

固体废物“资源化”应遵循的原则是:技术上可行,经济效益好,就地利用产品,不产生二次污染,符合国家相应产品的质量标准。

(二) “全过程”管理原则

经历了许多事故与教训之后,人们越来越意识到对固体废物实行“源头”控制的重要性。由于固体废物本身往往是污染的“源头”,故需对其产生—收集—运输—综合利用—处理—贮存—处置实行全过程管理,在每一环节都将其作为污染源进行严格的控制。因此,解决固体废物污染控制问题的基本对策是避免产生(clean)、综合利用(cycle)、妥善处置(control)的所谓“3C 原则”。另外,随着循环经济、生态工业园及清洁生产理论和实践的发展,有人提出了“3R 原则”,即通过对固体废物实施减少产生(reduce)、再利用(reuse)、再循环(recycle)策略实现节约资源、降低环境污染及资源再利用的目的。

依据上述原则,可以将固体废物从产生到处置的全过程分为五个连续或不连续的环节