

高等学校规划教材
GAODENG XUEXIAO GUIHUA JIAOCAI

固体废物污染控制原理 与资源化技术

徐晓军 管锡君 羊依金 编著



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

高等学校规划教材

固体废物污染控制原理与 资源化技术

徐晓军 管锡君 羊依金 编著

北 京
冶金工业出版社
2007

内 容 简 介

全书共分 11 章,主要论述了有关固体废物的基本知识、固体废弃物的收集与运输、固体废物的粉碎及粉体加工、固体废物的分选与分离、固体废物的热化学分解处理、固体废物的生物分解处理、固体废物固化稳定处理及材料化利用、固体废物的最终处置、城市生活垃圾的分选与资源利用、冶金和化学工业固体废物的处理与利用、矿业和电力工业固体废物的处理与利用等。

本书可作为大专院校环境工程及相关专业的教材,也可供从事环境工程及相关学科设计人员、科研人员、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

固体废物污染控制原理与资源化技术/徐晓军等编著.

—北京:冶金工业出版社,2007.1

高等学校规划教材

ISBN 978-7-5024-4206-4

I. 固… II. 徐… III. ①固体废物—污染控制—高等学校—教材 ②固体废物—废物处理—高等学校—教材
IV. X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 013179 号

出 版 人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 王之光(联系电话:010-64027929)

美术编辑 李 心 责任校对 符燕蓉 李文彦 责任印制 牛晓波

北京鑫正大印刷有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2007 年 1 月第 1 版,2007 年 1 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 21 印张; 562 千字; 323 页; 1—3000 册

39.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

固体废物是指在生产建设、日常生活和其他活动中产生,在一定时间和地点内无法利用而被丢弃的会造成环境污染的固态、半固态物质。从原始人类活动开始,就有固体废物产生。但是随着人类社会的发展和进步,生产力的不断提高,随之产生的固体废物种类和数量也越来越多。特别是伴随着现代经济的飞速增长、人口膨胀、工业化和城市化的飞速发展,固体废物种类和数量迅速增加,造成的环境污染也越来越严重。现在城市垃圾已成为巨大的社会宝藏,如果能够有效地开发利用城市垃圾,城市不再是产生垃圾的地方,而是产生“资源和宝藏”的“新型淘金”之地,城市垃圾也将成为 21 世纪可持续开发利用的“城市固体资源”。

“城市固体资源”是“城市资源”最主要的部分,可分为“城市矿产资源”和“城市非矿产资源”两个部分。由于人类生活和工业以城市形式大规模地聚集和发展,以城市垃圾为主要特征的“城市固体资源”的开发利用,既是环境保护的要求,也是弥补目前与将来“矿产与自然资源”严重不足的要求,更是保障人类社会健康和社会可持续发展的要求,可以预言在未来相当长的时期内,人类社会将主要从以城市固体废物为特征的“城市固体资源”中获取社会发展所需要的各种固体资源。“城市固体资源”是特殊的可再生利用的二次资源,与“自然矿产资源”不同,“城市固体资源”具有明显的分散复杂性和非自然(或天然)的组合特性,以分类收集与回收、分离与分选、再生与加工利用的新模式代替了常规矿业开采、分选与分离、冶炼与加工利用的传统模式。因此,其相关科学与工程研究和教育工作显得十分必要和重要。

固体废物尤其是城市生活垃圾和有毒有害固体废物所造成的环境污染问题已经十分严重,其危害主要体现在侵占土地、污染土壤、污染水体、污染大气、影响环境卫生等。目前自然资源日渐耗竭,生态环境破坏日趋严重,由于环境退化导致的自然灾害,给全球造成了十分严重的损失。在我国,“三废污染”等产生的环境问题尤为突出。我国固体废物堆存量现已累积近 80 亿 t,占用和损毁土地 200 万亩以上,对土壤和水体造成了严重污染。因此,如何对固体废物进行有效的污染控制与管理,经济合理地进行资源化,以及进行妥善地处置已成为当前迫切需要解决的问题。

固体废物的污染控制与资源化,就是要遵循减量化、资源化和无害化原则,特别是要遵循清洁生产和循环经济原则,对固体废物的产生、收集、运输、贮存、处理、利用和最终处置等全过程进行严格的污染控制、管理与资源化。清洁生产

是指通过产品设计、原料选择、工艺改革等途径,使工业生产最终产生的污染物最少的全新的生产方法和管理模式,它变原来的末端治理为过程控制、过程治理与物质和能量的“摇篮”利用。循环经济的目的是把物质与能量使用方法从传统的“摇篮”到“坟墓”转变为从“摇篮”到“摇篮”,其核心是“3R”原理,是减少固体废物产生与污染、提高资源和能源利用效率、保护生态和促进经济可持续发展所遵循的基本原则。清洁生产和循环经济是人类社会高度发展的必然要求和必经之路,对于固体废物的污染控制与资源化具有十分重要的意义,同时也具有巨大的经济效益、环境效益和社会效益。

固体废物污染控制与资源化技术是由多学科相互交融而产生的一门综合性科学技术,需要具有较好的系统理论基础知识和实践知识作为技术支撑,其课程建设和教学发展与社会要求和环境工程专业的发展密切相关。

随着我国环境问题的日趋突出和高校的扩招,环境工程类专业得到迅速发展,初步统计目前全国已有 280 余所高校拥有环境工程类专业,并有进一步发展的趋势。固体废物课程在国外环境工程专业设置和开设较早,20 世纪 50 年代就开始了其课程的建设教育;在国内则相对较晚,但在近五年,其教材建设和课程教学得到了快速发展,固体废物课程已成为大多数高校环境工程专业的专业主干课程和重要的研究方向,许多高校的环境科学专业也开设了该课程,也有学校将其作为市政工程专业专业的选修课,它已成为环境类专业群的主要专业课程之一。

固体废物课程涉及知识面宽、内容杂而多,同时各校情况和特色不一,教学要求也不一样。因此根据各校自身特点和培养目标,选择合适的教材,按照固体废物教学特点与基本要求,采用先进的教学手段和方法,是成功进行固体废物教学和培养合格学生的关键,很有必要根据社会要求和环境工程教育发展的特点及需要,结合自身特点,对固体课程教材和教学内容进行改革。在教材建设方面,也应与水、大气污染控制教材相呼应,同时体现固废资源化的特点。因此,我们结合山东省教育厅项目《山东省普通高校环境工程专业教学改革》和相关学校教学成果及教学特点,编写了《固体废物污染控制原理与资源化技术》教材,希望能对我国环境工程等专业固体废物教育的发展和教材建设起到积极的作用。

作者根据近年来固体废物污染控制与资源化的文献资料,结合大量有关固体废物科研与工程实践最新技术和成果,并结合有关的专业知识,编写了《固体废物污染控制原理与资源化技术》教材。在教材编写上有以下特点:

(1) 根据固体废弃物课程综合性强、知识面广、内容杂、实用性强的特点,该教材在编写特点上采用以基本原理—技术方法—工艺特点—设备(包括结构特点与原理)—技术应用为主线,进行材料组织和教材编写,整个教材可划分为固体废物污染控制与资源化技术两大部分,充分重视了基础理论与实践的相结合,试图使学生学完后能更好地掌握本课程的知识系统及各知识系统之间的相互联系。

(2) 由于固体废弃物课程中基本原理是基本不变的,技术方法、工艺特点和设备是由基本原理派生,并随科学技术发展而发展的,技术方法和工艺特点在一定的时间内又相对稳定,而设备随科学技术发展变化较大。因此,在该教材的编写上,重点阐述清楚基本原理,结合实际论述技术方法和工艺特点,以设备的结构特点、技术原理等方面说明设备的优缺点和应用范围,最后以实际应用为例,介绍技术及设备应用。在资源化技术方面编写也力求简单明了,以介绍技术和方法为主。课程教学可根据不同培养目标和要求,在学习掌握了基本原理、技术方法和工艺特点后,再根据学时的多少重点或选择性地讲授设备和技术应用。

(3) 该教材基础理论和技术涉及环境工程、环境科学、化学化工、生物工程、矿冶工程、非金属材料、机械制造等学科领域,为体现教材的先进性,该教材的内容编写在充分考虑基础理论、常用和代表性技术的基础上,尽量反映学科发展前沿的有关新理论和新技术。

本书由徐晓军(博士生导师)定纲定稿,第1、3、8、9章由徐晓军编写,第2、7章由徐晓军、管锡君编写,第4章由徐晓军、羊依金编写,第5章由徐晓军、刘祥义编写,第6、10章由羊依金、徐晓军编写,第11章由宫磊编写。本书得到了山东省教育厅项目“山东省普通高校环境工程专业教学改革”和青岛理工大学重点教改项目“固体废物污染控制原理与资源化技术”的支持,同时引用了国内外大量书籍和参考文献;青岛理工大学和昆明理工大学对本书的编写给予了大力支持;教育部高校环境科学与工程教学指导委员会主任、中国工程院院士、清华大学郝吉明教授、昆明理工大学校长周荣教授和青岛理工大学校长仪垂杰教授等在教学思想理念上给予了指导和鼓励;昆明理工大学宁平、同济大学赵由才、四川大学蒋文举、中南大学冯其明等教授(博士生导师)提出了宝贵意见;高媛、徐华成、尹小兵、李艳霞和王凯为本书的部分录入工作付出了辛勤的劳动,在此一并表示衷心感谢。

由于作者水平有限,时间仓促,书中疏漏和不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。同时,由于受参考文献数目限制和作者在编写时的疏忽,某些引用和参考的文献可能被遗漏,敬请有关作者谅解。有关建议、批评烦请发至 xuxiaojun 88@sina.com。

徐晓军

2006年10月于青岛理工大学

目 录

1 固体废物的基本知识	1
1.1 固体废物的来源及分类	1
1.1.1 固体废物的基本特征	1
1.1.2 固体废物的产生与来源	2
1.1.3 固体废物的分类	2
1.2 固体废物污染控制及管理	3
1.2.1 固体废物的污染与危害	3
1.2.2 固体废物的管理及原则	6
1.2.3 固体废物管理的技术政策	8
1.2.4 固体废物污染控制标准	9
1.2.5 固体废物的环境管理	10
1.3 固体废物资源利用与循环经济	10
1.3.1 自然资源与固体废物	10
1.3.2 固体废物的资源利用	11
1.3.3 固体废物的循环经济	13
1.4 固体废物污染控制与资源化基本方法	17
1.4.1 固体废物处理与资源化基本方法	17
1.4.2 固体废物处置基本方法	18
2 固体废物的收集与运输	19
2.1 固体废物的收集	19
2.1.1 收集原则	19
2.1.2 收集容器标记及设计	20
2.1.3 收集方法	20
2.1.4 城市生活垃圾的收集	21
2.2 固体废物的运输与管理	22
2.2.1 包装容器的选择	22
2.2.2 运输方式	23
2.2.3 运输管理	23
2.3 固体废物的压实	23
2.3.1 原理及目的	23
2.3.2 压实器	24
2.3.3 技术应用	26
2.4 城市生活垃圾收集运输系统设计	27

2.4.1 收集运输系统分析	27
2.4.2 收集运输路线设计	29
2.5 城市生活垃圾中转站的设计	29
2.5.1 城市生活垃圾的转运	29
2.5.2 城市生活垃圾中转站规模	31
2.5.3 中转站大型的垃圾运输车	32
2.5.4 中转站的环境保护	35
2.5.5 中转站的辅助设施	37
3 固体废物的粉碎及粉体加工	39
3.1 破碎	39
3.1.1 破碎原理及目的	39
3.1.2 破碎方法	39
3.1.3 破碎设备	41
3.2 细磨	44
3.2.1 细磨原理及方法	44
3.2.2 细磨设备	45
3.2.3 碎磨工艺技术应用	47
3.3 分级	48
3.3.1 分级原理及方法	48
3.3.2 分级设备	48
3.4 破碎细磨流程	50
3.4.1 破碎基本流程	50
3.4.2 破碎筛分流程	50
3.4.3 细磨分级流程	51
4 固体废物的分选与分离	53
4.1 概述	53
4.2 筛分分选	55
4.2.1 筛分分选原理	55
4.2.2 筛分分选方法	57
4.2.3 筛分分选工艺及技术应用	57
4.3 浮选	59
4.3.1 浮选原理	59
4.3.2 浮选药剂	60
4.3.3 浮选设备	61
4.3.4 浮选工艺及技术应用	63
4.4 重选	65
4.4.1 重选原理	65
4.4.2 重选设备	68
4.4.3 重选工艺及技术应用	71

4.5 磁选	72
4.5.1 磁选原理	72
4.5.2 固废的磁性与磁性转化	72
4.5.3 磁选设备及技术应用	74
4.6 电选	76
4.6.1 电选原理	76
4.6.2 电选设备及技术应用	77
4.7 其他物理分选技术	78
4.7.1 摩擦与弹跳分选	78
4.7.2 光电分选	79
4.8 化学浸出分离	80
4.8.1 原理	80
4.8.2 化学浸出方法	81
4.8.3 化学浸出工艺及技术	82
4.8.4 化学浸出设备及应用	83
4.9 生物浸出分离	86
4.9.1 生物浸出原理及方法	87
4.9.2 生物浸出工艺及技术应用	88
4.10 固液分离	91
4.10.1 概述	91
4.10.2 浓缩	91
4.10.3 过滤	95
4.10.4 干燥	100
5 固体废物的热化学分解处理	107
5.1 概述	107
5.2 焚烧	108
5.2.1 综述	108
5.2.2 焚烧原理及过程	109
5.2.3 焚烧热值计算	114
5.2.4 焚烧过程基本工艺及流程	115
5.2.5 焚烧设备	120
5.2.6 焚烧过程污染物及污染控制	138
5.2.7 焚烧技术应用	143
5.3 热解	153
5.3.1 热解原理及方法	153
5.3.2 热解反应及工艺	153
5.3.3 热解反应影响因素	155
5.3.4 城市生活垃圾的热解	157
5.3.5 废塑料的热解	161
5.3.6 污泥的热解	168

5.3.7 农业固体废物的气化热解	171
5.3.8 废橡胶的热解	174
6 固体废物的生物降解处理	176
6.1 概述	176
6.2 固体废物的堆肥化处理	176
6.2.1 生物堆肥技术基本原理	177
6.2.2 好氧堆肥基本工艺	179
6.2.3 堆肥方法及设备	180
6.2.4 堆肥过程控制	187
6.2.5 堆肥产品质量评价及质量标准	190
6.2.6 堆肥工艺技术应用	193
6.3 生物厌氧发酵制沼气	196
6.3.1 厌氧发酵的基本原理	196
6.3.2 厌氧发酵工艺类型及设备	198
6.3.3 影响厌氧发酵的因素	202
6.3.4 厌氧发酵技术应用	203
6.3.5 沼气和沼渣的综合利用	206
7 固体废物固化稳定处理及材料化利用	210
7.1 固体废物的固化处理	210
7.1.1 概述	210
7.1.2 基本原理及方法	210
7.2 固体废物的化学稳定化处理	216
7.2.1 湿式还原法	216
7.2.2 干式还原法	216
7.3 固体废物材料化利用	217
7.3.1 生产胶凝材料	217
7.3.2 生产墙体材料	219
7.3.3 生产玻璃材料	221
7.3.4 生产铸石材料	222
7.3.5 生产建筑陶瓷材料	223
8 固体废物的最终处置	225
8.1 概述	225
8.1.1 最终处置基本含义	225
8.1.2 最终处置基本要求	225
8.1.3 最终处置基本方法	225
8.2 卫生土地填埋	227
8.2.1 概述	227
8.2.2 填埋工艺及技术	228

8.2.3 填埋场的选择	228
8.2.4 填埋场的生物降解过程	229
8.2.5 填埋场防渗技术	230
8.2.6 填埋场的设计与污染控制	233
8.2.7 填埋场及填埋方法	239
8.2.8 填埋操作	240
8.3 安全土地填埋	242
8.3.1 概述	242
8.3.2 填埋场地设计与污染控制	242
8.3.3 填埋场安全处置管理	245
8.4 其他处置方法	245
8.4.1 浅地层埋藏处置	245
8.4.2 深井灌注	247
8.4.3 海洋处置	248
9 城市固体废物处理与资源化	250
9.1 城市固体废物资源利用的意义	250
9.2 城市生活垃圾的处理与资源化	251
9.2.1 城市生活垃圾的分类	251
9.2.2 城市生活垃圾的组成	251
9.2.3 城市生活垃圾的性质	252
9.2.4 城市生活垃圾分选与资源化利用	254
9.2.5 城市生活垃圾资源化新技术	259
9.3 废旧橡胶的处理与资源化	260
9.3.1 废旧橡胶来源与性质	260
9.3.2 废旧橡胶处理与资源化利用	260
9.4 废旧塑料处理与资源化	261
9.4.1 废旧塑料来源与性质	261
9.4.2 废旧塑料处理与资源化利用	262
9.5 电子废物的处理与资源化	263
9.5.1 电子废物来源与特性	263
9.5.2 电子废物处理与资源化利用	264
9.6 废纸的处理与资源化	266
9.6.1 废纸的污染物特性	266
9.6.2 废纸处理与资源化再生利用	267
9.6.3 废纸脱墨技术新进展	268
9.7 报废汽车的处理与资源化	269
9.7.1 报废汽车零配件回收与再生利用	269
9.7.2 从报废汽车中回收金属材料	269
9.8 污泥处理与资源化	271
9.8.1 污泥的性质	271

9.8.2 污泥中水的形式与脱水方法	271
9.8.3 污泥处理与资源化利用	272
9.9 建筑垃圾处理与资源化	276
9.9.1 建筑垃圾的分选	276
9.9.2 建筑垃圾的资源化利用	276
9.10 危险性固体废物处置及资源化	277
9.10.1 放射性固体废物资源化与处置技术	277
9.10.2 医疗废物资源化与处置技术	278
9.10.3 泔脚的资源化处理技术	280
10 工业固体废物的处理与资源化	281
10.1 工业固体废物分类	281
10.2 矿业固体废物的处理与资源化	281
10.2.1 煤系固体废物的处理与资源化	281
10.2.2 矿山尾矿的处理与资源化	288
10.3 冶金工业废渣的处理与资源化	291
10.3.1 高炉渣的处理与资源化	291
10.3.2 钢渣的处理与资源化	295
10.4 化学工业废渣的处理与资源化	298
10.4.1 硫铁矿渣的处理与资源化	298
10.4.2 碱渣的处理与资源化	301
10.4.3 有毒废渣的处理与资源化	303
11 农业固体废弃物资源化利用技术	306
11.1 农业固体废弃物分类	306
11.2 秸秆类废弃物处理与资源化	306
11.2.1 秸秆的特点	306
11.2.2 秸秆资源能源化利用技术	307
11.2.3 秸秆资源肥料化利用技术	308
11.2.4 秸秆资源饲料化利用技术	310
11.2.5 秸秆资源材料化利用技术	311
11.2.6 秸秆资源原料化制取化学品技术	312
11.3 畜禽粪便处理与资源化	313
11.3.1 畜禽粪便的特点及危害	313
11.3.2 畜禽粪便的处理与资源化	314
附 录	316
参考文献	321

1 固体废物的基本知识

1.1 固体废物的来源及分类

1.1.1 固体废物的基本特征

固体废物(固体废弃物)是指人类在日常生活、生产建设和其他非生产性活动中产生,在一定时间和地点又无法利用而被丢弃的对环境具有污染性的固态、半固态废弃物质。日常生活是指人类衣食住行等活动,包括为保障人类生活所提供的各种社会服务和保障活动;生产建设是指国民经济建设过程中的生产和建设活动,包括工厂、建筑、矿山、交通运输等各行业的生产和建设活动;其他非生产性活动主要指不属于日常生活活动范畴的正常活动,如学校、科研单位、商业活动及医院等非生产性活动。固体废物的产生有其必然性,因此对固体废物进行合理利用具有必要性和可行性。

首先,在一定时期内,人类在生产和生活中利用自然资源的能力是有限的,难以把所用的资源全部转化为产品,而丢弃的剩余部分则成为固体废物。其次,产品的使用寿命有限,一旦超过使用寿命就成为固体废物。另外,当今世界技术创新和科技发展越来越快,产品更新换代时间越来越短,固体废物产生量也越来越大。这些被丢弃的物质往往是多种多样的,常含有大量的有用物质和成分,可以对固体废物进行资源回收和合理利用。

固体废物一般具有如下四个特性:(1)分散性,固体废物常被分散丢弃在各处,需要收集回收;(2)无主性,即固体废物被丢弃后,不再属于谁,特别是城市固体废物;(3)危害性,危害环境和人体健康;(4)错位性,在某一个时空领域的固体废物可能在另一个时空领域是可利用的宝贵资源。

固体废物对环境的危害性与固体废物的性质和数量有关。对于任何固体废物,其数量在一定环境容量以下,对环境不会产生危害或明显的影响,只有当固体废物的量达到一定程度,超过环境容量时才会对环境产生污染和危害,这个量与当地的环境条件和固体废物的种类及性质有关。同时除了数量的因素以外,固体废物的性质也在很大程度上决定了固体废物的危害性。如建筑垃圾属于无毒无害固体废物,量再大也不会对环境造成严重污染。城市生活垃圾集中堆放,达到一定数量时就会对堆放场周围的环境造成污染。废电池、废日光灯等属于危险性固体废物,任意丢弃在环境中,即使数量不大也会对环境造成严重污染和危害。因此,在处理固体废物时,必须掌握处理对象的量和性质。

固体废物的错位性是相对某一过程或某一方面没有使用价值,而并非在一切过程或一切方面都没有使用价值。另外,由于各种产品本身具有使用寿命,超过了寿命期限,就会成为固体废物。因此,固体废物的概念具有时间性和空间性。随着时空条件的变化,一种过程产生的固体废物往往可以成为另一过程的原料,所以固体废物又有“放错地点的原料”之称。例如,高炉渣是高炉炼铁过程中产生的固体废物,它的主要成分是 CaO 、 MgO 、 Al_2O_3 和 SiO_2 等组成的硅酸盐和铝酸盐,这些成分恰恰是水泥的主要组分,因而对于水泥这一生产环节,高炉渣可以作为水泥原料加以利用。

1.1.2 固体废物的产生与来源

人们在生产生活过程中不可能对原料进行 100% 的利用,在其过程中必然会产生一定量的废物;另外在自然资源的开采和人类对产品的消费过程中,也会产生各种各样的废物。

从原始人类开始,人类的活动就有固体废物产生。随着人类社会的进步,生产力逐渐发展,随之也产生了许多新的固体废物。最初人类处置固体废物的方法也较为简单,如当粪便堆积过多恶化了生活环境和居住条件时,就采用迁徙的办法来更换其生活住址,后来人们开始把生活垃圾倒入深坑进行填埋。

17~18 世纪,工业生产主要是对自然物质进行简单的冶炼和机械加工,产生的固体废物性质较简单,处理和处置方法也较为简单,主要为集中堆存。19 世纪开始,随着化学工业的发展,人们开始改变物质的化学性能和大规模制造出新的化学物质,于是出现了人工合成物质使用后形成的固体废物,特别是含有铅、砷、汞、氰化物等有毒有害固体废物,对环境产生了很大的影响和危害。20 世纪以来,随着工业的高速发展和应用领域及范围的不断扩大,又增加了许多新的固体废物,特别是核工业的发展产生了放射性固体废物。

我国固体废物的产生主要来自工农业生产所产生的固体废物和城市生活产生的生活垃圾两大方面。特别是自 20 世纪 80 年代以来,我国的经济、社会和文化均发生了深刻的变化,经济发展迅猛,人民生活水平得到极大提高,工业、农业固体废物和城市生活垃圾数量成倍增长,危险性固体废物也明显增多。

城市生活垃圾是指在城市居民日常生活中或为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废物,主要来自于城市居民家庭、城市商业、餐饮服务业、旅游业、市政环卫业、交通运输业、建筑垃圾、水处理污泥、企事业单位办公和生活垃圾等。其主要成分包括废纸、废塑料、废金属、废织物、废玻璃陶瓷碎片、砖瓦渣土、污泥、废旧电池和废旧家用电器等。

城市生活垃圾具有无主性、分散性、难收集、成分复杂和有机物含量高等特性。影响城市生活垃圾成分的主要因素有居民的生活水平和质量、区域和习惯、季节和气候等。

1.1.3 固体废物的分类

固体废物来源广泛,种类繁多,组成复杂。从不同的角度,固体废物有多种分类方法,根据《中华人民共和国固体废物污染防治法》分为城市生活垃圾、工业固体废物和危险废物;按组成可分为有机废物和无机废物;按形态可分为固体(块状、粒状、粉状)的、泥状(污泥)和油状(废油)的废物;按危害状况可分为危险废物和一般废物。为便于管理,通常按来源分为城市生活垃圾、工业废物、农业废物、矿业废物、放射性废物和危险性废物六类。

(1) 城市生活垃圾,指居民生活、商业活动、市政建设与维护、机关办公等过程产生的固体废物,主要为:1)生活垃圾;2)商业固体废物;3)市政和建筑垃圾;4)污泥;5)粪便。

(2) 工业固体废物,指工业生产过程和工业加工过程产生的废渣、废屑、粉尘、污泥等。主要为:1)冶金工业固体废物;2)能源固体废物;3)化工固体废物;4)食品加工固体废物;5)其他固体废物等。

(3) 矿业固体废物,主要包括采矿废石和尾矿。废石是指各种金属、非金属和煤矿开采过程中剥离下来的围岩。尾矿是指各种金属、非金属和煤矿石在选矿过程中产生的废弃物。

(4) 农业固体废物,主要指农、林、牧、渔各业在生产及农民日常生活过程中产生的固体废物,包括植物秸秆、人牲畜的粪便等。

(5) 放射性固体废物,包括核燃料生产与加工过程中产生的废物及同位素应用、核研究机

构、放射性废物处理设施产生的废物,如放射性尾矿、污染的废旧设备、废弃的仪器设备、残渣等。放射性固体废物属于特种危险性固体废物。

(6) 危险性固体废物,又称有害废物,是具有毒害性、易燃易爆性、腐蚀性、化学反应性、传染性、放射性等一种或几种危害特性的固体废物,是造成燃烧、爆炸、腐蚀、毒化和传染等灾害的根源。我国危险固体废物是指列入国家危险废物名录或是根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定具有危险特性的废物。

危险废物其有害成分能通过环境媒介,使人引起严重的、难以治愈的疾病,导致死亡率增高,如果对其管理、运输、贮存、处置和处理不善,可能导致环境质量恶化,对人体健康造成明显的或潜在的危害。由于危险废物会对环境和人体产生极大的危害,因而国内外均将其作为废物管理的重点,要求采取一切措施保证其妥善处理。

1.2 固体废物污染控制及管理

1.2.1 固体废物的污染与危害

1.2.1.1 固体废物的污染途径

固体废物任意露天存放或置于处置场,必将占用大量的土地,破坏地貌和植被。土地是我国十分宝贵的资源,尤其是耕地十分紧张,人均不到 1 km^2 。固体废物大量露天堆存,侵占大量土地,且有增无减,势必使我国本来就紧缺的土地更加紧缺。

固体废物露天堆存,长期受风吹、日晒、雨淋,有害成分不断渗出,进入地下并向周围扩散,污染土壤(污染面积常达占地面积的 2~3 倍)。土壤是许多微生物的聚居场所,土壤受污染,土壤中微生物的生存条件遭到破坏,将影响这些微生物参与自然循环的作用,这将导致受污染土壤草木不生;人如果与污染的土壤直接接触,或生吃此类土壤中种植的蔬菜、瓜果,就会致病。我国内蒙古包头市某尾矿堆积场使得尾矿坝下游一个乡的大片土地被污染,居民被迫搬迁。

固体废物随天然降水和地表径流进入水体或随风飘移落入水体,将增加水的浊度和有害成分含量。如我国一家铁合金厂的铬渣堆场,由于缺乏防渗措施, Cr^{6+} 污染了 20 多平方千米的地下水,致使 7 个自然村的 1800 多眼水井无法饮用。我国某锡矿山的含砷废渣长期堆放,随雨水渗透进入地下水,污染水井,曾一次造成 308 人中毒,6 人死亡。

固体废物中原有的粉尘及其他颗粒物,或在堆存过程中产生的颗粒物,经风吹日晒进入大气,造成大气污染。如粉煤灰堆场遇 4 级以上风力,一次可被剥离掉厚度为 $1 \sim 1.5 \text{ cm}$ 的一层粉煤灰,粉煤灰飞扬高度可达 $20 \sim 50 \text{ m}$ 。在风大季节,平均视程降低 $30\% \sim 70\%$ 。垃圾场附近,遇 4~5 级风,大气能见度剧烈下降,垃圾装卸时尤甚。

由固体废物散发到大气的颗粒污染物,即使不含有毒成分也危害不浅。有的固体废物在堆存中产生和散发恶臭或有害气体,则危害更大。由于向大气中散发的颗粒物常是病原微生物的载体,所以,它是疾病传播的媒介。某些固体废物,如煤矸石,含硫量大于 1.5% 时能在空气中自燃,散发大量 SO_2 和煤烟,恶化大气环境。

固体废物是各种污染物的终态,特别是从环境工程设施排出的固体废物,浓集了许多污染物成分。但人们却往往对固体废物产生一种稳定、污染慢的错觉。通常,工矿业固体废物所含化学成分能形成化学物质型污染。化学物质型污染途径如图 1-1 所示。人畜粪便和生活垃圾是各种病原微生物的自生地 and 繁殖场,能形成病原体型污染,病原体型污染途径如图 1-2 所示。

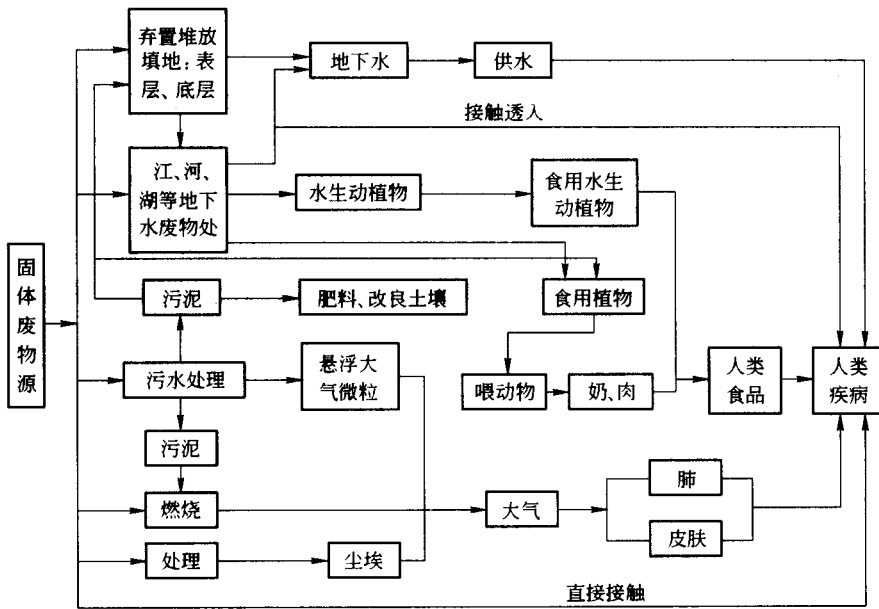


图 1-1 化学物质型污染途径

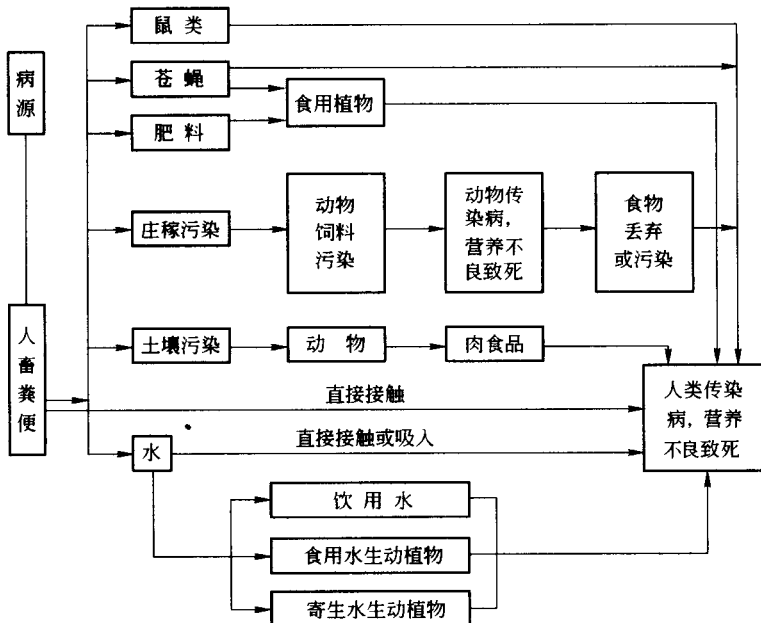


图 1-2 人畜粪便传播疾病途径

可见,在自然条件影响下,固体废物中的部分有害成分可以通过土壤、大气、水等途径进入环境,给人类造成长期的、潜在的危害,与废气、废水污染相比具有更显著的特点,固体废物处理处置不当时,会通过不同的途径危害人体健康。

1.2.1.2 固体废物的污染危害

固体废物对人类环境的危害,主要表现在以下几个方面:

(1) 侵占土地。固体废物如不能利用,就需堆存放置,堆存量越大,占地面积越大,导致可利用的土地资源减少。据估算,每堆积 1 万 t 废物,约占地 1 亩。我国许多城市利用周围郊区设置垃圾堆场,例如,根据北京市高空远红外探测的结果显示,北京市区几乎被环状的垃圾群所包围,同时也侵占了大量农田。

(2) 污染土壤。固体废物长期露天堆存或没有适当的防渗措施的垃圾填埋,其中有害成分经过风化、雨淋、地表径流的侵蚀很容易渗入土壤之中。

土壤是许多真菌、细菌等微生物聚居的场所。这些微生物与其周围环境构成一个生态系统,在大自然的物质循环中担负着碳循环和氮循环的一部分重要任务,国际禁止使用的持续性有机污染物在环境中难以降解,这类废弃物进入水体或渗入土壤中,将会严重影响当代人和后代人的健康,对生态环境也会造成长期的不可低估的影响。残留毒害物质不仅在土壤里难以挥发消解,而且还会杀死土壤中微生物,破坏土壤的腐解能力,改变土壤的性质和结构,阻碍植物根系的发育和生长,并在植物体内积蓄,破坏生态环境,而且会在人体内积存,对肝脏和神经系统造成严重损害,诱发癌症和使胎儿畸形。我国曾经有一些稻田因含镉废渣掺入土壤受到镉的污染,稻米含镉超标,无法食用。

(3) 污染水体。固体废物一般通过下述几种途径进入水体中,使水体污染:1) 废物随天然降水和地表径流进入江河湖泊,或随风飘迁落入水体使地面水污染;2) 随渗沥水进入土壤,进入地下水,使地下水污染;3) 直接排入河流、湖泊或海洋,又会造成更大的水体污染。

美国的罗芙运河(love canal)事件是典型的固体废物污染地下水事件。1930~1953 年期间,美国胡克化学工业公司在纽约州尼亚加拉瀑布附近的罗芙运河废河谷填埋了 2800 多 t 桶装有害固体废物,1953 年填平覆土,在上面兴建了学校和住宅。1978 年大雨和融化的雪水造成有害固体废物外溢,并陆续发现该地区井水变臭,婴儿畸形,居民得怪异疾病,大气中有害物质浓度超标 500 多倍,测出有毒物质 82 种,其中 11 种能致癌,其中包括有剧毒的二噁英。1978 年,美国政府颁布法令,封闭住宅,关闭学校,710 多户居民全部迁出,并拨款 2700 万美元进行治理。

我国沿河流、湖泊建立的一部分企业,每年向附近水域排入大量灰渣,有的排污口外形成的灰滩已延伸到航道中心,导致灰渣在航道中大量淤积;有的湖泊由于排入大量灰渣造成水面面积缩小。另外,生活垃圾未经无害化处理任意堆放,也已经造成许多城市地下水污染。哈尔滨市韩家洼子垃圾填埋场,地下水浊度、色度和锰、铁、酚、汞含量及总细菌数、大肠杆菌数等都超过标准许多倍,锰含量超过 3 倍,汞含量超过 29 倍,细菌总数超过 4.3 倍,大肠杆菌超过 41 倍。贵阳市两个垃圾堆场使其邻近的饮用水源大肠菌值超过国家标准 70 倍以上,为此,该市政府拨款 20 万元治理,并关闭了这两个堆场。

(4) 污染大气。固体废物一般通过以下途径污染大气:1) 一些有机固体废物在适宜的温度和湿度下被微生物分解,释放出有毒气体;2) 以细粒状存在的废渣和垃圾,在大风吹动下会随风飘逸,扩散到很远的地方,造成大气的粉尘污染;3) 固体废物在运输和处理过程中,产生有害气体和粉尘。

采用焚烧法处理固体废物,也会污染大气。据报道,美国约有 2/3 固体废物焚烧炉由于缺乏空气净化装置而污染大气。有的露天焚烧炉排出的粉尘在接近地面处的浓度达到 0.56 g/m^3 。据统计,美国大气污染物中有 42% 来自固体废物处理装置。

我国的部分企业,采用焚烧法处理塑料排出 Cl_2 、 HCl 、二噁英和大量粉尘,也造成严重的大气污染。一些电厂和民用锅炉,由于收尘效率低,每年从烟囱逸入大气的灰尘共计 1500 多万 t。由