



固体废物处理与处置概论

白 圆 编著



科学出版社

固体废物处理与处置概论

白 圆 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

随着城镇化进程的加快,人口的增加,污染问题日益尖锐,环境保护已经成为全民参与的系统工程,固体废物处理与处置是环境保护的重要组成部分。本书介绍了固体废物处理与处置的相关法律、法规、方针和政策,强调法治在固体废物处理处置中的重要地位。对固体废物的收集、运输、破碎、分选、压实、固化、焚烧、热解和生物化处理,以及最终处置等各个环节可能对环境产生污染的机理进行综合分析,对污染防治需要的工艺流程、设施设备以及施工方式方法进行了详细地说明,突出了防治环节的可操作性。本书的最后对固体废物处理处置的前景进行了展望,对应该注意的问题提出了改进的建议,并对治理环境污染取得突出成效的城市的工作经验作了介绍。

本书汇集了国内外固体废物处理处置的信息,全面、系统,具有一定专业水平,又具有科学普及性质、通俗易懂,可供环境工程及其相近专业的科技工作者、高等院校相关专业的师生,以及从事环境保护工作的有关管理人员参考

图书在版编目(CIP)数据

固体废物处理与处置概论/白圆编著. —北京:科学出版社, 2016.6
ISBN 978-7-03-049149-7

I. ①固… II. ①白… III. ①固体废物处理—概论 IV. ①X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 143563 号

责任编辑:祝 浩/责任校对:张凤琴
责任印制:徐晓晨/封面设计:红叶图文

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 6 月 第 一 版 开本:720×1000 B5

2016 年 6 月 第一次印刷 印张:20

字数:400 000

定价:100.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

随着人口的增长,生产力的迅速发展和人民生活水平的不断提高,城市规模不断扩大,城市垃圾的产生量逐年递增,性质更加复杂,由此引发垃圾污染问题日益尖锐,固体废物处理处置任务更为繁重。随着我国对固体废物管理工作的日益重视,处理处置固体废物的政策、法规和制度日趋完善,处理处置固体废物的观念正在发生变化。固体废物处理与处置工程是环境工程科学的重要分支学科之一,它涉及物理、化学和生物技术等多个学科的研究领域,是多个学科的交叉。近些年来,科学技术水平的提高,研究方法的不断改进,固体废物处理处置技术方法发展迅速,处理处置固体废物的设备不断更新与完善,在创新、协调、绿色、开放和共享的发展理念指导下,我国正在用优化处理城市垃圾的全新观念来解决城市现代化进程中的垃圾污染问题。

环境保护不再是环境保护部门独家的事业,已经成为全民参与的事业。面对这种新的形势,迫切需要有一部既全面、系统,具有一定专业水平,又具有科学普及性质、通俗易懂的图书,本书就是为了适应这种新形势的需要而编写的。

本书包括了对固体废物管理、污染控制的处理处置技术和资源化利用技术,充分体现理论基础与工程实际相结合的特点,融入了先进的管理模式和前瞻性的技术内容。

本书全面、系统并且通俗易懂,可供环境工程及其相近专业的科技工作者、高等院校相关专业的师生和从事环境保护工作的有关管理人员参考,也可以作为各级管理人员的培训资料。

在编写本书的过程中,得到了我的父母、兰州交通大学环境与市政工程学院同行的鼓励和支持,权婧婧、马昱祺、马明义、李敬青、焦相伟、宋忠忠和汪洋等负责整理了部分图表,在此一并表示感谢!本书出版得到科学出版社的大力支持,对他们认真细致的工作和提出的宝贵意见表示感谢!

由于作者水平有限,书中定有不妥和疏漏之处,敬请读者和业内专家不吝赐教。

白 圆

2016年3月于兰州交通大学

目 录

前言

第 1 章 固体废物处理与处置的发展历史及法规管理	1
1.1 固体废物处理与处置的发展历史和现状	1
1.1.1 固体废物处理与处置的发展历史	1
1.1.2 我国一般工业固体废物处理与处置发展现状	2
1.1.3 工业危险废物产生及处理发展现状	4
1.1.4 垃圾处理厂(场)发展情况	5
1.2 固体废物管理体系政策法规	6
1.2.1 政策法规是固体废物综合管理的根本保证	6
1.2.2 不同地区需要构建不同的城市生活固体废物管理模式	7
1.2.3 我国固体废物管理体系	9
1.2.4 固体废物管理的技术政策	10
1.2.5 固体废物管理的经济政策	11
1.2.6 固体废物管理的法律法规	12
1.2.7 固体废物管理的技术标准	13
1.2.8 国内外垃圾管理的比较	14
1.2.9 欧盟法规概况	17
第 2 章 固体废物	21
2.1 固体废物的定义与分类	21
2.1.1 固体废物的定义及范畴	21
2.1.2 固体废物的特性	22
2.1.3 固体废物来源与分类	23
2.2 固体废物污染危害及控制	25
2.2.1 固体废物污染危害途径	25
2.2.2 固体废物污染控制	26
第 3 章 固体废物的收集、运输	28
3.1 收集	28
3.1.1 收集方法	28
3.1.2 城市垃圾分类收集现状	29
3.1.3 固体废物收集系统操作模式	30

3.1.4	收集清运设备	37
3.1.5	固体废物收集路线及规划设计	40
3.2	运输	41
3.2.1	运输方式	42
3.2.2	危险废物的运输	43
3.2.3	固体废物收运系统的优化	44
第4章	固体废物压实、破碎、分选	46
4.1	压实	46
4.1.1	压实程度的度量	47
4.1.2	压实机械	48
4.1.3	压实器的选择	50
4.1.4	填埋场中的压实机械	51
4.1.5	压实流程	52
4.2	固体废物的破碎	53
4.2.1	破碎的理论基础	53
4.2.2	破碎的目的	53
4.2.3	固体废物的机械强度与硬度	53
4.2.4	基本破碎方式	54
4.2.5	破碎主要控制参数	55
4.2.6	破碎流程	56
4.2.7	破碎机的类型	57
4.2.8	破碎机的选择	65
4.2.9	其他破碎技术及装置	66
4.3	固体废物的分选	68
4.3.1	筛分	70
4.3.2	重力分选	77
4.3.3	磁力分选	84
4.3.4	电力分选	87
4.3.5	浮选	88
4.3.6	其他分选方法	89
第5章	固体废物固化/稳定化技术	92
5.1	固化/稳定化技术概述	92
5.1.1	固化技术与稳定化技术的区别与联系	92
5.1.2	固化/稳定化技术的分类及其应用	93
5.1.3	固化/稳定化技术的适应性	94

5.2 水泥固化技术	96
5.2.1 水泥固化的基本理论	96
5.2.2 影响水泥固化因素的控制	98
5.2.3 水泥固化工艺方法优缺点分析	99
5.3 石灰固化技术	100
5.3.1 石灰固化技术的界定	100
5.3.2 石灰固化的机理	101
5.4 塑性材料包容技术	102
5.4.1 热固性塑料包容技术	102
5.4.2 热塑性包容技术	103
5.5 自胶结固化技术	105
5.5.1 自胶结固化技术机理	105
5.5.2 自胶结固化技术优缺点分析	105
5.6 熔融固化技术	106
5.6.1 熔融固化技术界定及种类	106
5.6.2 熔融固化技术的应用	106
5.7 高温烧结技术	109
5.7.1 烧结原理	109
5.7.2 影响烧结的因素	109
5.7.3 烧结窑炉类型	110
5.7.4 烧结技术	110
5.8 土壤聚合物固化技术	112
5.8.1 概述	112
5.8.2 土壤聚合物的合成	113
5.8.3 土壤聚合物的特点	114
5.9 化学稳定化处理技术	115
5.9.1 概述	115
5.9.2 化学稳定化技术	116
5.10 固化/稳定化产物性能的评价方法	119
5.10.1 概述	119
5.10.2 固化/稳定化处理效果的评价指标	119
5.10.3 固体废物的浸出机理	120
5.10.4 浸出率的定义及浸出试验	123
第6章 固体废物的焚烧	128
6.1 固体废物焚烧技术的发展及应用	128

6.1.1	固体废物焚烧处理技术的发展	128
6.1.2	固体废物焚烧处理技术的应用概况	129
6.2	固体废物的焚烧过程	130
6.2.1	固体废物焚烧原理	130
6.2.2	焚烧机理及过程	138
6.2.3	焚烧过程中的热平衡	141
6.2.4	热平衡式的应用	144
6.2.5	余热的利用	145
6.3	固体废物焚烧工艺流程及设备	146
6.3.1	固体废物焚烧的工艺流程	146
6.3.2	固体废物焚烧设备	148
6.4	焚烧过程中污染控制	153
6.4.1	烟气中污染物控制技术	153
6.4.2	噪声污染控制	157
6.4.3	恶臭控制	157
6.4.4	焚烧烟气处理工艺	158
第7章	热解	160
7.1	热解原理	160
7.2	热解动力学模型	161
7.3	固态废物及生物质热解工艺	165
7.3.1	热解工艺的分类	165
7.3.2	热解产物	167
7.4	热解工艺	169
7.4.1	城市垃圾的热解	169
7.4.2	生物质热解工艺	169
7.4.3	废塑料和橡胶的热解	172
7.4.4	污泥的热解	173
7.5	气化	174
7.5.1	气化反应原理	174
7.5.2	反应器	175
7.6	热解-气化联合技术	177
第8章	堆肥/生物化及其他固体废物处理技术	179
8.1	好氧堆肥	179
8.1.1	好氧堆肥原理	179
8.1.2	好氧堆肥微生物演替	180

8.1.3 堆肥化工艺及控制手段	181
8.1.4 好氧堆肥影响因素	184
8.1.5 堆肥方法与设备分类	188
8.1.6 堆肥腐熟度及堆肥质量评价	188
8.2 厌氧消化	191
8.2.1 厌氧消化基本原理	191
8.2.2 厌氧消化工艺	192
8.2.3 厌氧消化的影响因素	196
8.3 污泥	198
8.3.1 污泥的基本概况	198
8.3.2 污泥的资源化利用途径	203
8.4 其他固体废物处理技术	203
8.4.1 垃圾衍生材料	203
8.4.2 等离子体气化技术在固体废物处理中的应用	206
8.4.3 微波技术在固体废物处理中的应用	208
8.4.4 超临界流体在固体废物处理中的应用	211
8.4.5 鼓泡熔渣	213
8.4.6 固废处理同其他产业结合的共处理	215
8.4.7 垃圾制氮系统	216
8.4.8 城市废物养殖蚯蚓	216
第9章 固体废物的最终处置	218
9.1 处置方法概述	218
9.1.1 海洋处置	218
9.1.2 深井灌注处置	221
9.1.3 土地耕作	223
9.1.4 生物反应器填埋技术	226
9.2 土地填埋处置概述	227
9.2.1 卫生土地填埋场的分类及特点	228
9.2.2 安全土地填埋技术	232
9.2.3 填埋场的工艺流程	234
9.3 填埋场选址与评价	236
9.3.1 填埋场场址的选择	236
9.3.2 填埋场技术评价	239
9.4 环境影响预测和评价	241
9.4.1 环境影响评价工作等级	241

9.4.2	环境影响评价内容与方法	241
9.4.3	城市垃圾处理费用效益评估	247
9.5	填埋场的总体设计	250
9.5.1	卫生填埋场建设的基建程序	250
9.5.2	填埋场总体设计	251
9.6	固体废物安全填埋场表面密封体系与复垦技术	280
9.6.1	填埋场最终覆盖系统的组成和技术	281
9.6.2	固体废物安全填埋场复垦技术	283
9.7	填埋沉降和边坡稳定分析	284
9.7.1	垃圾的工程性质	284
9.7.2	填埋沉降	285
9.7.3	边坡稳定分析	291
第 10 章	固体废物综合管理策略及展望	292
10.1	固体废物战略规划管理	292
10.1.1	固体废物的综合管理	292
10.1.2	固体废物战略规划管理	292
10.1.3	固体废物长期战略规划制定的流程	293
10.2	典型固体废物处理处置与资源化展望	296
10.2.1	城市生活垃圾	296
10.2.2	化工冶金废渣	298
10.2.3	医疗废物	298
10.2.4	餐厨垃圾	298
10.2.5	废机电和废家电	299
10.2.6	废橡胶	299
10.2.7	建筑垃圾	300
10.2.8	危险废物	300
10.2.9	借鉴综合治理城市污染的经验	301
参考文献		303

第 1 章 固体废物处理与处置的发展历史及法规管理

固体废物处理的问题从人类社会形成之初就已存在，随着经济的高度发展、人口的逐渐增长及城市化进程的加快，固体废物产生量逐日递增，并且性质日益复杂。固体废物处理处置已经成为制约人类社会可持续发展的重要因素。因此，作为环境工程的专业人员和环境保护工作者，了解固体废物处理处置发展的历史，以及固体废物管理的相关法律、法规和政策，对固体废物的处理处置从法律、法规、政策和技术等方面实施全过程和全方位的管理是十分必要的，只有这样才能达到固体废物处理处置的减量化、资源化和无害化目标。

1.1 固体废物处理与处置的发展历史和现状

1.1.1 固体废物处理与处置的发展历史

古往今来，伴随着人类社会的发展，固体废物产生状况不断变化，几乎每个社会都要面对固体废物处理及处置这个问题。在种类繁多的废物当中，固体废物可能一直都是数量最多而又最难处理及处置的一种。在追逐成群猎物的游牧部落时代，只需将废弃物抛弃在身后即可。大约从公元前 1 万年开始，人类逐渐放弃了游牧生活，建立起了更多的定居地。在古代的特洛伊城，废弃物的处理及处置方法非常简单，有时将废弃物丢弃在室内地面上，或者倾倒在街道上。当废弃物在家中挥发出来的臭气变得令人忍无可忍时，人们会再弄来一些新的泥土盖在这些垃圾上，或者任由家中的牲畜以及啮齿类动物分吃垃圾中残余的有机物。据资料记载，特洛伊城的垃圾堆积高度达到了每百年 1.5 米。在某些地区，垃圾堆积更是高达平均每百年 4 米，给人类生活带来了极大的危害。

随着人口的逐渐增长，人类由分散居住区发展到聚集居住区，人口较多的城市会产生大量的固体废物，固体废物产生的有害物质对人类的威胁越来越大，人类开始考虑对固体废物如何处理和有效利用的问题。早在公元前 3000~公元前 1000 年，古希腊米诺斯文明时期，克里特岛的首府诺萨斯即有垃圾覆土埋入大坑的处理方法。但是大部分古代城市的固体废物还是任意丢弃，年复一年，日积月累，固体废弃物甚至使城市埋没，致使有的城市不得不在废墟上重建。例如，英国巴斯城的现址，比它在古罗马时期的原址就高出了 4~7 米。

大约公元前 2500 年，在印度河流域的摩亨约·达罗城内，根据当时的中央规划，房屋内部开始建有垃圾斜槽和垃圾箱。大约公元前 2100 年，在埃及的赫

拉克利奥波利斯城内，贵族区的废物开始得到收集，但处理的方式是将其中大部分倾倒入尼罗河。在同一时期，希腊克里特岛一些房屋的浴室便已和主要污水管道连接起来了。到了公元前 1500 年，该岛拨出土地专门用于有机物的处理。

在推行卫生措施的过程中，宗教往往发挥了一定的作用。自公元前 1600 年起，犹太人规定必须将废物掩埋在远离住宅区的地方。那时的耶路撒冷可以利用的水源非常有限，但《塔木德》（仅次于《圣经》的典籍）规定，耶路撒冷的街道必须每天冲洗。

为了保护环境，古代有些城市颁布过管理垃圾的法令。约在公元前 500 年，希腊雅典颁布了禁止将垃圾扔到街上的法律，垃圾由清洁工运到离城市 1 英里外的露天垃圾场。古罗马的一个标志台上写着“垃圾必须倒往远处，违者罚款”。在 1000 年前的巴勒斯坦首次有记录采用燃烧将垃圾处理的办法。1384 年英国颁布的法令禁止把垃圾倒入河流。苏格兰的城市爱丁堡在 18 世纪设有大废料场，将废料分类出售。1875 年英国颁布公共卫生法，规定由地方政府负责集中处置垃圾。1874 年英国建成世界第一座焚化炉，垃圾焚化后，将余烬填埋。到 1912 年，超过 300 座废物焚烧炉在英国建成，其中 76 座用于动力再生利用。在 1885 年，美国 Allegheny, Pennsylvania 建成了本国第一座城市垃圾焚烧炉，到 1914 年在美国大约有 300 座焚烧炉被建成，但是很多焚烧炉规模小，人工送料，并且控制和设计相对较差，利用率低。从资料上看最早的固体废物处置方法主要是填埋或焚烧。

中国、印度等亚洲国家，自古以来就有利用粪便和利用垃圾堆肥的处理方法。

进入 20 世纪后，随着生产力的发展，人口进一步向城市集中（如美国 100 年前 80% 人口在农村，现在 80% 人口在城市），消费水平迅速提高，固体废物排出量急剧增加，成为严重的环境问题。60 年代中期以后，环境保护受到重视，污染治理技术迅速发展。大体上形成了一系列处置方法。70 年代以来，美国、英国、德国、法国和日本等国由于废物放置场地紧张，处理费用巨大，也由于资源缺乏，提出了“资源循环”的概念。为了加强固体废物的管理，许多国家设立了专门的管理机关和科学研究机构，研究固体废物的来源、性质、特征和对环境的危害，同时研究固体废物的处置、回收、利用的技术和管理措施，以及制定各种规章和环境标准，出版有关书刊。固体废物的处理和利用，逐步成为环境工程学的重要组成部分。

1.1.2 我国一般工业固体废物处理与处置发展现状

在我国，随着改革开放的不断深入，工农业迅速发展，工业固体废物呈增长趋势。2012 年，全国一般工业固体废物产生量 32.9 亿吨，比 2011 年增加

1.96 亿吨。其中,尾矿产生量为 11.0 亿吨,占全国固体废物总产量的 33.4%;粉煤灰^①的产生量为 4.6 亿吨,占 14.0%;煤矸石^②产生量为 3.7 亿吨,占 11.2%;冶炼废渣 3.5 亿吨,占 10.7%;其他废物产生量为 10.1 亿吨,占 30.7%(中华人民共和国环境保护部 2012 环境统计年报,2013)。2012 年一般工业固体废物构成情况如图 1-1 所示。

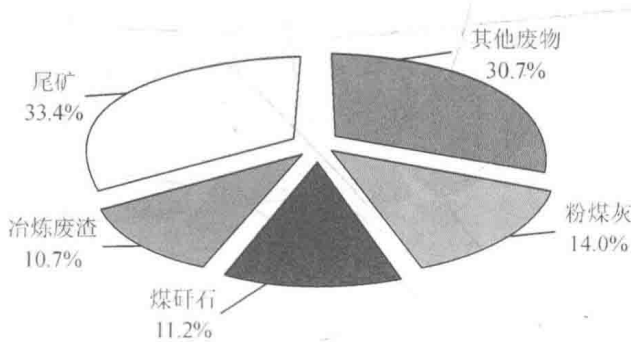


图 1-1 2012 年一般工业固体废物构成情况
(中华人民共和国环境保护部 2012 环境统计年报,2013)

随着新技术的不断采用,我国固体废物的综合利用正在向好的方向发展。2012 年,一般工业固体废物综合利用量为 20.2 亿吨,比 2011 年增加 3.71%,综合利用率达到 61.0%。其中,尾矿综合利用量为 3.1 亿吨,综合利用率为 28.0%;粉煤灰综合利用量为 3.8 亿吨,综合利用率为 82.1%;煤矸石综合利用量为 2.9 亿吨,综合利用率为 77.8%;冶炼废渣综合利用量为 3.3 亿吨,综合利用率为 92.2%;炉渣综合利用量为 2.4 亿吨,综合利用率为 87.9%。2012 年,全国未经处理的一般工业固体废物贮存量为 6.0 亿吨,比 2011 减少 1.1%;处置量为 7.1 亿吨,比上年增加了 0.4%;倾倒丢弃量为 144.2 万吨。

2012 年,一般工业固体废物产生量较大的行业按占比依次为黑色金属矿采选业(7.1 亿吨),固体废物产生量占重点调查工业企业的 22.5%;电力、热力生产和供应业(6.1 亿吨),占 19.6%;黑色金属冶炼和压延加工业(4.2 亿吨),占 13.4%;有色金属矿采选业(4.0 亿吨),占 12.8%;煤炭开采和洗选业(3.9 亿吨),占

①粉煤灰是指现代火力发电厂燃煤锅炉中作为燃料的磨细煤粉。当煤粉喷入炉内,就以细颗粒或团的形式进行燃烧,由于炉内温度高达 1200~1600℃,煤灰受高温作用呈熔融状态。煤中大部分可燃物在炉内燃尽,而未燃碳及无机矿物组分多数则随高温气流上升,在引风机抽气作用下,沿烟道经过热器、省煤器流至空气预热器时温度骤降,熔融灰因凝缩而使其内部气体受到压缩,成为中空球状灰;且在表面张力的作用下,使大部分灰粒表面呈光滑球状,也有一部分灰粒在熔融状态下相互碰撞,产生表面粗糙、棱角较多的蜂窝状颗粒。在引风机将烟气排入大气之前,上述颗粒经除尘器被分离、收集,即为粉煤灰或飞灰。

②煤矸石是采煤过程和洗煤过程中排放的固体废物,是一种在成煤过程中与煤层伴生的一种含碳量较低、比煤坚硬的黑灰色岩石。包括巷道掘进过程中的掘进矸石、采掘过程中从顶板、底板及夹层里采出的矸石以及洗煤过程中挑出的洗矸石。其主要成分是 Al_2O_3 、 SiO_2 。

12.3%；化学原料和化学制品制造业(2.7 亿吨)，占 8.5%；其他行业占重点调查工业企业的 10.9%。

2012 年一般工业固体废物产生量行业构成情况如图 1-2 所示。

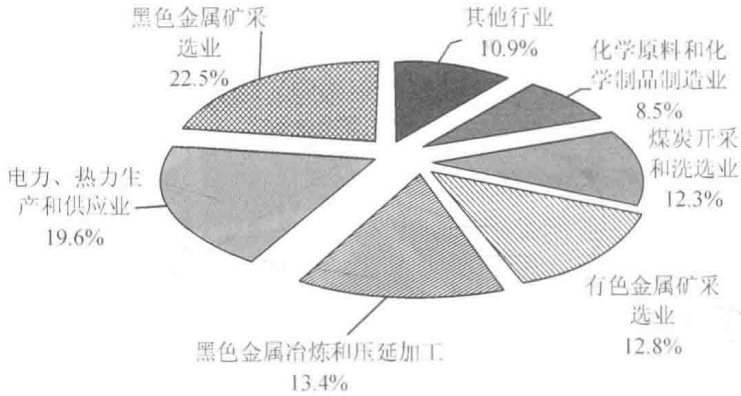


图 1-2 2012 年一般工业固体废物产生量行业构成
(中华人民共和国环境保护部 2012 环境统计年报, 2013)

2013 年全国一般工业固体废物产生量 32.8 亿吨，比 2012 年减少 0.1 亿吨；综合利用量 20.6 亿吨，比 2012 年增加 0.4 亿吨；综合利用率为 62.8%，比 2012 年增加 1.8 个百分点；贮存量 4.3 亿吨，比 2012 年减少 1.7 亿吨；处置量 8.3 亿吨，比 2012 年增加 1.2 亿吨；倾倒丢弃量 129.3 万吨，比 2012 年减少 14.9 万吨（中华人民共和国环境保护部 2013 环境统计年报，2014）。2014 年全国一般工业固体废物产生量 32.6 亿吨，综合利用量 20.4 亿吨，贮存量 4.5 亿吨，处置量 8.0 亿吨，倾倒丢弃量 59.4 万吨，全国一般工业固体废物综合利用率为 62.1%（中华人民共和国环境保护部 2014 环境统计年报，2015）。

由此可知，我国一般工业固体废物处理及处置的技术水平在不断改进，处理及处置能力在不断增强。

1.1.3 工业危险废物产生及处理发展现状

工业危险废物的构成主要是废碱、石棉废物、废酸、有色金属冶炼废物、无机氰化物废物、废矿物油等。以 2012 年为例，废碱产生量 752.5 万吨，占重点调查工业企业工业危险废物产生量的 21.7%；石棉废物 709.0 万吨，占 20.4%；废酸 392.4 万吨，占 11.3%；有色金属冶炼废物 275.5 万吨，占 8.0%；无机氰化物废物 111.5 万吨，占 3.2%；废矿物油 102.4 万吨，占 3.0%，其他危险废物约占 32.4%。工业危险废物产生量构成情况如图 1-3 所示。

2012 年，全国工业危险废物产生量为 3465.2 万吨，比 2011 增加 0.99%；综合利用量为 2004.6 万吨，比 2011 年增加 13.06%；处置量为 698.2 万吨，比

2011年减少23.82%；贮存量为846.9万吨，比2011年增加2.82%；倾倒丢弃量为0.0016万吨。全国工业危险废物产生及处理情况如表1-1所示。

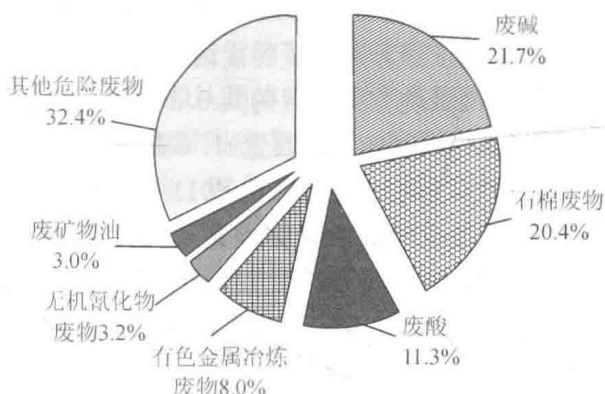


图 1-3 工业危险废物产生量构成情况

(中华人民共和国环境保护部 2012 环境统计年报, 2013)

表 1-1 全国工业危险废物产生及处理情况

年份	产生量/万吨	综合利用量/万吨	处理量/万吨	贮存量/万吨	倾倒丢弃量/万吨
2011	3431.2	1773.1	916.5	823.7	0.0096
2012	3465.2	2004.6	698.2	846.9	0.0016
变化率/%	0.99	13.06	-23.82	2.82	-

从以上数据可以看出，全国工业危险废物产生量和综合利用量都呈增加趋势。

2013年全国工业危险废物产生量3156.9万吨，比2012年减少308.3万吨；综合利用量1700.1万吨，比2012年减少304.3万吨；贮存量810.8万吨，比2012年减少36.1万吨；处置量701.2万吨，比2012年增加3万吨；全国工业危险废物综合利用处置率为74.8%。

2014年全国工业危险废物产生量3633.5万吨，综合利用量2061.8万吨，贮存量690.6万吨，处置量929.0万吨，全国工业危险废物综合利用处置率为81.2%。

由此可以看出，全国工业危险废物的处理及处置技术水平和能力也在不断改进，并取得了一定的成效。

1.1.4 垃圾处理厂(场)发展情况

据资料显示，2012年我国共有生活垃圾处理厂(场)2125座，比2011年增加86

座；填埋设计容量达 325 399 万立方米；堆肥设计处理能力达到 26 984 吨/日，比 2011 年增加 6292 吨/日；焚烧设计处理能力达到 66 416 吨/日，比 2011 年增加 44 791 吨/日；运行费用为 98.5 亿元，比 2011 年增加 39.4 亿元。全年共处理生活垃圾 1.97 亿吨，其中采用填埋方式处置的生活垃圾共 1.75 亿吨，采用堆肥方式处置的共 0.03 亿吨，采用焚烧方式处置的共 0.18 亿吨。

2012 年，全国共有危险废物集中处理(置)厂(场)722 座，比 2011 年增加 78 座；医疗废物集中处理(置)厂(场)236 座，比 2011 年减少 24 座；危险废物设计处置能力达到 59 805 吨/日；运行费用为 53.9 亿元，比上年增加 5.8 亿元。全年共综合利用危险废物 375.2 万吨。全年共处置危险废物 340.7 万吨，其中工业危险废物 223.2 万吨，医疗废物 50.3 万吨。采用填埋方式处置的危险废物共 110.5 万吨，采用焚烧方式处置的 129.1 万吨。

2013 年，生活垃圾处理厂(场)2135 座，全年共处理生活垃圾 2.06 亿吨，其中采用填埋方式处置的共 1.79 亿吨，采用堆肥方式处置的共 0.04 亿吨，采用焚烧方式处置的共 0.23 亿吨；危险废物集中处理(置)厂(场)767 座，医疗废物集中处理(置)厂(场)243 座，全年共综合利用危险废物 457.8 万吨，处置危险废物 282.3 万吨。

2014 年生活垃圾处理厂(场)2277 座，全年共处理生活垃圾 2.42 亿吨，其中采用填埋方式处置的共 1.82 亿吨，采用堆肥方式处置的共 0.03 亿吨，采用焚烧方式处置的共 0.56 亿吨；危险废物集中处理(置)厂(场)859 座，医疗废物集中处理(置)厂(场)240 座，全年共综合利用危险废物 482.1 万吨，处置危险废物 470.0 万吨(中华人民共和国环境保护部 2014 环境统计年报，2015)。

以上资料显示，我国生活垃圾处理厂和危险废物(医疗废物)集中处理(置)厂(场)，无论处理量还是资金，投入都呈现增加的趋势。

1.2 固体废物管理体系政策法规

1.2.1 政策法规是固体废物综合管理的根本保证

由于城市化进程的加快，城市人口及经济增长，致使城市生活固体废物的数量急剧增加，固体废物的构成成分日趋复杂，构成固体废物的物理化学性质也发生了变化。随着人们生活水平的提高，对高品质的生活环境需求不断上升。传统的固体废物处理及处置方式，如填埋、焚烧和堆肥技术潜在的环境负效应日益体现出来，传统的以末端处理为主的城市生活固体废物管理模式已难以适应当前社会发展的需要。面对新的形势，人们需要更新观念，探寻新的固体废物综合管理模式，出台新的政策法规，确保城市建设实现可持续发展、循环经济、生态节约型的目标。因此，在以生活固体废物的源头减量化、处理过程中的资源化和无害

化为目标的可持续发展的固体废物综合管理(Integrated Solid Waste Management, ISWM)理念指导下,各个国家新的固体废物综合管理模式及政策法规应运而生。这些政策法规充分认识到固体废物的处理及处置是全民性的社会工作,每一个公民都是固体废物处理及处置的利益相关者。所有利益相关者都需要参与固体废物综合管理的全过程,即从固体废物的产生到最终处置,参与固体废物减量、循环利用、重复利用和资源回收等工作,增强环境保护意识,履行公民职责,对系统的各个方面(如机构、财务、监管、社会和环境)进行监督,维护政策法规的严肃性,确保各项管理政策法规的法律约束性、经济有效性及环境公平性,促使固体废物综合管理逐步走向社会化和市场化。

1.2.2 不同地区需要构建不同的城市生活固体废物管理模式

固体废物管理模式种类很多,其中生命周期评价模型(Life Cycle Assessment, LCA)也称为生命周期分析,是最常被用来评价某一地区或城市生活固体废物管理模式的模型。LCA是对某种产品或某项活动从原材料开采、加工到最终处理,也就是从“摇篮到坟墓”的一种评价方法。LCA是一个环境管理工具,它能够应用于城市生活垃圾的管理系统中,预测它们可能的环境负荷。作为一个决策支持工具,可以帮助计划者或管理者设计更适合未来发展的可持续城市固体废物管理(Municipal Solid Waste Management, MSWM)系统。Özeler等(2006)运用LCA对土耳其安卡拉地区的城市固体废物管理体系进行了分析,确定了对安卡拉作环境友好型的管理体系。Bovea(2010)使用LCA从环境角度对西班牙某城市的MSWM的各种战略措施进行了具体的对比分析,提出了MSWM应该包括收集、运输、物质回收、处理(堆肥、焚烧)和处置(填埋)五个步骤。Rigaminti等(2010)采用LCA评价模型分析废物管理的过程因素对环境的影响,认为源头分类效率、回收包装材料过程中的废弃物腐烂量、堆肥过程中的排放物及设施的有效性等因素影响着环境指标。Fiorentio等(2015)运用LCA分析混合城市垃圾给环境带来的影响和潜在的优势,排出四种战略措施并进行了具体的对比分析,提出机械-生物处理过程(Mechanical-Biological Treatment, MBT/Material Advanced Recovery Sustainable Systems, MARSS)和废物转化为能量(Waste-to-Energy, WtE)相结合模式具有一定优势。图1-4为城市生活垃圾LCA系统范围。

在城市生活固体废物管理中,也有其他模型的运用,主要有以下几种: Tin等(1995)根据缅甸社会、经济发展状况,基于成本收益模型,提出缅甸的城市生活固体废物管理模式可采取劳动力密集型,加大机械设备的投入,提高回收的效率和劳动力、机械设备的生产率。Diamadopoulous等(1995)设计了一个完整的线性模型,该模型考虑了所有成本和相应的经济收益,运用这个模型对哈尼亚地