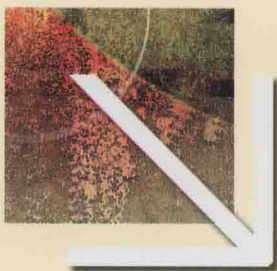


“十三五”规划教材

学基金 (51704230) 资助

统筹创新工程项目 (2012KTZB03 - 01 - 02) 资助

固体废弃物处理 与资源化利用



张 蕾 / 主编

GUTI FEIQIWU
CHULI YU *Guti Feiqiwu Chuli*
ZIYUANHUA
LIYONG *Yu Ziyuanhua Liyong*

China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学出版社

规划教材

国家自然科学基金(51704230)资助

陕西省科技统筹创新工程计划项目(2012KTZB03-01-02)资助

固体废弃物处理与资源化利用

主 编 张 蕾

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

《固体废弃物处理与资源化利用》对城市垃圾固体废弃物,农业固体废弃物,电子固体废弃物,工业固体废弃物,塑料、橡胶等固体废弃物的处置及资源化利用进行了系统的论述,是一本能反映国内外最新进展的有关固体废弃物处理与利用方面的教材。该书内容丰富,可作为环境科学、环境工程或相近专业本科生、研究生的教学用书,也可供工业、交通、城市环卫及其他相关领域从事环境保护工作的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

固体废弃物处理与资源化利用/张蕾主编. —徐州:
中国矿业大学出版社, 2017. 12

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3734 - 7

I. ①固… II. ①张… III. ①煤炭工业—固
体废物利用—高等学校—教材 IV. ①TD82②X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第264384号

书 名 固体废弃物处理与资源化利用

主 编 张 蕾

责任编辑 周 红 何晓惠

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

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

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 14.25 字数 356 千字

版次印次 2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



前 言

本书对城市垃圾固体废弃物,农业固体废弃物,电子废弃物,工业固体废弃物,塑料、橡胶等固体废弃物的处置及资源化利用进行了系统论述。

全书分为三部分(共8章)。第一部分包括第1章绪论,主要叙述固体废弃物的基本概念及一些基本的处理措施。第二部分包括第2章至第7章。第2章为城市垃圾固体废弃物,介绍了城市生活垃圾的危害、来源、分类、影响和产生的因素、性质及国内外处理现状,并对生活垃圾的预处理技术、填埋技术、焚烧处理技术、综合处置技术作了详细介绍。第3章为农业固体废弃物,总结了农业固体废弃物的处理与处置,对农业固体废弃物进行预处理使其转变为更适合于运输、储存、资源化利用,并根据有机垃圾、畜禽粪便、农作物秸秆三类主要农业固体废弃物总结了农业固体废物的资源化利用方法。第4章为电子废弃物,总结了电子废弃物的处理与处置,对电子废弃物进行预处理使其转变为更适合于运输、储存、资源化利用,并根据电子废弃物种类总结了电子废弃物的资源化利用方法。第5章为工业固体废弃物,总结了工业固体废弃物的处理与处置,对工业固体废弃物进行预处理使其转变为更适合于运输、储存、资源化利用,并根据工业固体废弃物类型总结了工业固体废弃物的资源化利用方法。第6章为塑料废弃物的资源化利用,主要阐述了塑料废弃物的分选分离、塑料的鉴别方法、各种塑料的回收与利用技术以及塑料废弃物的能量回收及热分解。第7章为橡胶废弃物的资源化利用,结合废旧橡胶综合利用的现状,阐述了废旧橡胶回收利用方法、胶粉以及再生橡胶的资源化利用、废旧轮胎裂解工艺以及废旧橡胶直接作燃料与热裂解应用。第三部分为第8章,阐述了固体废弃物管理的法律和相关法规,从国家法律法规角度上说明了固体废弃物处理与资源化利用的重要性。

本书由张蕾和文欣统筹定稿,课题组的研究生为本书的出版做出了各自的贡献,尤其是何会彬、马振华、陈吉浩、王禹苏、杨超同学,为此书资料的收集、校对、录入做了许多工作,在此表示感谢。

《固体废弃物处理与资源化利用》是一本能反映国内外最新进展的有关固体废弃物处理与利用方面的教材,内容丰富,可作为环境科学、环境工程或相近专业本科生、研究生的教学用书,也可供工业、交通、城市环卫及其他相关领域从事环境保护工作的科技人员参考。

书中引用了国内外许多学者的相关研究成果或者观点,在此深表感谢!

由于编者水平有限,加之时间紧迫,书中存在许多不足甚至错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2017年12月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 固体废弃物的来源及危害	1
1.2 固体废弃物的处理处置现状	7
1.3 固体废弃物资源化的意义及利用	9
第 2 章 城市固体废弃物	11
2.1 城市垃圾总论	11
2.2 城市生活垃圾的预处理技术	17
2.3 城市生活垃圾填埋技术	18
2.4 城市生活垃圾焚烧处理处置技术	28
2.5 城市生活垃圾综合处置技术	39
第 3 章 农业固体废弃物	44
3.1 绪论	44
3.2 农业固体废弃物的预处理	45
3.3 有机垃圾的堆肥	47
3.4 畜禽粪便的综合利用	57
3.5 农作物秸秆的综合利用	62
第 4 章 电子废弃物	78
4.1 电子废弃物概述	78
4.2 电子废弃物的资源利用与管理	81
4.3 电子废弃物处理处置方案	87
4.4 电子废弃物的火法冶金技术	90
第 5 章 工业固体废弃物	104
5.1 工业固体废弃物	104
5.2 煤系固体废弃物	107
5.3 煤炭固体废弃物——粉煤灰	111

5.4	煤炭固体废弃物——煤矸石	117
5.5	煤炭固体废弃物在工业中的应用	121
5.6	其他工业固体废弃物的处理与资源化利用	132
第6章	塑料废弃物	140
6.1	概述	140
6.2	塑料废弃物的分选分离	141
6.3	塑料废弃物与其他物质的分离方法	143
6.4	混合废料的来源及利用	144
6.5	塑料的鉴别方法	146
6.6	废聚氯乙烯塑料的回收与利用技术	148
6.7	废工程塑料的回收与利用技术	151
6.8	废热固性塑料的回收与利用技术	159
6.9	废聚苯乙烯塑料的回收与利用技术	163
6.10	塑料废弃物的能量回收及热分解	167
第7章	橡胶废弃物	172
7.1	概述	172
7.2	国外废旧橡胶综合利用的现状	173
7.3	废旧橡胶回收利用方法	174
7.4	胶粉的资源化利用	177
7.5	再生橡胶的资源化利用	184
7.6	废旧轮胎裂解工艺	195
7.7	废旧橡胶直接作燃料与热裂解应用	198
第8章	固体废弃物管理的法律法规	205
8.1	法规化管理	205
8.2	管理法规的层次	209
8.3	固体废弃物管理法规的要点	213
8.4	固体废弃物管理设施运营资质的认定	217
8.5	危险废弃物管理设施的运营许可管理制度	218
参考文献		221

第 1 章 | 绪 论

科学技术的进步使现代工业得到迅速发展,人类的生活水平迅速提高,但同时也出现了诸多的环境问题,固体废弃物便是其中一个不可忽视的重大问题。固体废弃物对环境的污染是多方面的。在对水体的污染方面,不少国家把废弃物直接倾倒入河流、湖泊、海洋中,甚至将海洋投弃作为一种固体废弃物处理方法。固体废弃物进入水体后,不仅直接影响水生动植物的生存环境,造成水质下降、水域面积减少等直接的恶劣影响,而且还可以通过食物链的作用,影响与水有关的动植物的生存。在对大气的污染方面,固体废弃物中的尾矿、粉煤灰、淤泥和垃圾中的尘粒随风进入大气中,直接影响大气能见度和人体健康。废弃物在焚烧时所产生的毒气和恶臭,也直接影响大气质量。废弃物对土壤也造成影响,由于废弃物的堆积和填埋不当,经日光曝晒及雨水浸淋所产生的浸出液及滤液中所含有害成分会直接进入土壤,破坏土壤微生物的生存条件,从而对土壤结构和土质产生有害影响。此外,有毒、有害废弃物所产生的环境问题层出不穷,环境问题已成为全社会关注的热点问题。固体废弃物污染作为环境问题的一种,已经逐渐引起人们的重视,如何采取有效方法对固体废弃物进行适当处理和处置已经变得刻不容缓。

1.1 固体废弃物的来源及危害

1.1.1 固体废弃物的概念、分类及危害

固体废弃物是指在生产、生活和其他活动中产生的丧失了原有利用价值或者虽未丧失利用价值但却被抛弃或者放弃的固态、半固态和置于容器中的气态物品、物质以及法律、行政法规规定纳入固体废弃物管理的物品、物质。

固体废弃物分类方法很多,按其化学性质可分为有机废弃物和无机废弃物;按其危害状况可分为有害废弃物和一般废弃物;按其化学活性可分为化学活性废弃物和化学惰性废弃物。在我国,为了便于管理,通常按来源分类。国内外固体废弃物处理和资源化的基本情况和发展趋势见表 1-1。

表 1-1 国内外固体废弃物处理和资源化的基本情况和发展趋势

类别	中国现状	国际现状	国际发展趋势
城市垃圾	回收废品、填埋、堆肥、无害化处理和制取沼气	填埋、造地、卫生填埋、焚化、堆肥、海洋投弃、回收废品	家庭分拣回收废品、压缩和高压压缩成型、渗滤循环填埋、堆肥、焚烧回收能源、资源化系统回收物质和能源
工矿废弃物	堆存、回填、造地、回收废弃物、综合利用	堆存、造地、回填、焚烧、资源化回收物质和能源	资源化系统回收物质和能源
市政建设垃圾	堆弃、露天焚化、回收原材料	堆弃、露天焚化、回收原材料	焚化、综合利用、资源化回收物质
农业废弃物	堆肥、回田、农村燃料、露天焚化、肥料、饲料、饵料、制取沼气、综合利用	回填、焚化、堆肥、露天焚化	堆肥、制取沼气、综合利用、蚯蚓床
污泥	堆肥、堆弃、制取沼气、少量有机物泥混入煤中燃烧	堆肥、填地	堆肥、焚化、资源化、回收物质和能源
有害工业渣和放射性废弃物	堆存、隔离储存、化学和物理固化、综合回收、生物浸出	隔离堆存、焚化、化学和物理固化、化学和生化处理、综合利用	隔离储存、焚化、化学固定、物理、生物处理、资源化

1.1.2 固体废弃物的来源

根据产生源及对环境的危害程度可以将固体废弃物分为工业固体废弃物、城市垃圾和农业废弃物三类。

(1) 工业固体废弃物

工业固体废弃物种类繁多，数量巨大，主要包括钢铁废渣、有色金属废渣、化工废渣、旧混凝土、碎砖瓦、废钢筋、废竹木、废玻璃、废弃土、废沥青等。

钢铁废渣可以回收利用铁、锰、钒、铬、铜等金属和非金属元素，用作建筑和道路材料、回填材料。有色金属废渣中，除一种主要金属外，一般还伴有其他金属矿物或有用成分，可以回收利用这些金属矿物或有用成分，作为二次资源开发和利用。

化工废渣中，有相当一部分是未反应的原料和副产品。无害部分可以作为制砖、水泥的原料，另外，化工废渣中有些含有金、银、铂等贵金属，可通过分离和提取这些金属来创造更高的经济效益。

废旧混凝土是工业固体中排出量最大的废弃物，经过破碎、筛分、清洗和干燥等工艺处理后，可以制备出再生粗、细骨料，用于代替部分天然粗、细骨料生产再生混凝土。

(2) 城市垃圾

城市垃圾是丰富的再生资源的源泉，主要包括废纸、废弃食物、塑料、织物、玻璃等，其中大部分是潜在的原料资源，可以进行资源化利用。

(3) 农业废弃物

农业废弃物是指在整个农业生产过程中被丢弃的有机类物质，通常我们所说的农业废弃物主要指农作物秸秆和畜禽粪便。农业方面每年都产生大量的废弃物，但其中大部分没有得到充分利用。按其成分，农业废弃物主要包括植物纤维性废弃物、农作物秸秆、谷壳、果壳及甘蔗渣等农产品加工废弃物和畜禽粪便两大类。

1.1.3 固体废弃物产生量

我国目前的固体废弃物年产生量已占到世界总量的四分之一以上,是世界上垃圾包袱最沉重的国家。

2011年,全国一般工业固体废弃物综合利用量195亿t,储存量60亿t,处置量70亿t,倾倒丢弃量433万t。工业固体废弃物倾倒丢弃量超过20万t的地区有云南、新疆、山西、贵州和重庆,这5个地区的工业固体废弃物排放量占全国工业固体废弃物倾倒丢弃量的78%。一般工业固体废弃物倾倒丢弃量超过50万t的行业依次为煤炭开采和洗选业、有色金属矿采选业、黑色金属矿采选业,这3个行业一般工业固体废弃物倾倒丢弃量占统计工业行业固体废弃物倾倒丢弃总量的71%。

固体废弃物产生量主要与地理条件、城市人口、经济发展水平、居民收入、居民消费水平和城市居民燃气化率有关。我国固体废弃物总量大幅度增加的一个主要原因是人口的迅速增长,特别是城市人口的不断扩张。近20年来,我国城市化进程逐年加快,城市的数量不断增加,规模不断扩大,城市非农人口也迅速增长。由于长期以来人们没有形成科学的环保理念,生活方式和消费方式没有科学的指导原则,固体废弃物的产生量急剧上升。

另一方面,经济的发展,特别是工农业生产水平的提高,促进了能源和原料的大量消耗,而粗放式的生产方式不仅造成了资源的大量浪费,而且产生了大量的固体废弃物。总体来说,我国固体废弃物产生量与国民经济生产总值成正比,这与工业发达国家经济高速增长时期的情况极为相似,我们应当以此为前车之鉴,避免重蹈西方国家“先污染,后治理”的老路。

1.1.4 固体废弃物构成的变化

固体废弃物的构成主要受自然条件、生产方式和生活习惯的影响。我国的固体废弃物在产生量迅速增加的同时,垃圾构成也发生了很大的变化,主要表现为有机物增加,可燃物增多,可利用价值增大。近20年来,随着人们生活水平的提高和生活方式的变化,固体废弃物中生活垃圾的含量持续增长。生活垃圾的构成也发生了根本性的变化,有机成分已达到60%~95%。一些现代化城市的垃圾成分已与发达国家接近,而且大多数城市的垃圾热值较高,这大大提高了固体废弃物的可利用率。

同时,伴随着科技进步及人们生活水平的不断提高,固体废弃物中特殊成分的比重也在不断增加。例如,随着人们消费意识的变化以及包装工业的发展,商品的包装形式越来越多,包装物的种类和数量激增,一次性使用的商品也广泛被应用于宾馆和餐饮行业。这些包装材料进入垃圾中,使得城市固体废弃物猛增。由于这些包装物中有很大一部分是塑料制品。降解性差,可利用率低,造成了长期以来无法从根本上解决的“白色污染”问题。此外,固体废弃物中的电子垃圾、有毒有害化学品及危险废弃物的数量也不断上升,不仅造成了环境污染,而且威胁到人们的生命健康。

固体废弃物产生量的激增及构成的变化,一方面是经济发展、人们生活水平提高的体现,另一方面也说明了我们国家人们消费结构的不合理,环境意识的淡薄和废弃物处理处置水平较低。

1.1.5 固体废弃物对环境的危害

我们日常生活中会产生大量固体废弃物,在这些固体废弃物中,有些掺杂着有毒有害的物质,处理不当,必然会污染环境。这些固体废弃物对环境的污染途径主要包括污染大气、

污染水体、污染土壤、影响环境卫生和造成资源浪费、造成景观污染这几个方面。

(1) 污染大气

固体废弃物对大气的污染表现在三个方面：① 废弃物的细粒被风吹起，增加了大气中的粉尘含量，加重了大气的尘污染；② 生产过程中的除尘，使大量粉尘直接从排气筒排放到大气环境中，污染大气；③ 堆放的固体废弃物中的有害成分由于挥发及化学反应等，产生有毒气体，导致大气的污染。

(2) 污染水体

固体废弃物对水体的污染表现为：① 大量固体废弃物排放到江河湖海中会造成淤积，从而阻塞河道、侵蚀农田、危害水利工程。有毒有害固体废弃物进入水体，会使一定的水域成为生物死区。② 与水接触，废弃物中的有毒有害成分必然被浸滤出来，从而使水体发生酸性、碱性、富营养化、矿化、悬浮物增加，甚至毒化等变化，危害生物和人体健康。在我国，固体废弃物污染水的事件已屡见不鲜。如锦州某铁合金厂堆存的铬渣，使近 20 km² 范围内的水质遭受六价铬污染，致使七个自然村屯 1 800 眼水井的水不能饮用。湖南某矿务局的含砷废渣由于长期露天堆存，浸出液污染了民用水井，造成 308 人急性中毒、6 人死亡的严重事故。

(3) 污染土壤

固体废弃物露天堆存，不但占用大量土地，而且其含有的有毒、有害成分也会渗入到土壤之中，使土壤碱化、酸化、毒化，破坏土壤中微生物的生存条件，影响动植物生长发育。许多有毒有害成分还会经过动植物进入人的食物链，危害人体健康。一般来说，堆存一万吨废弃物就要占地一亩，而受污染的土壤面积往往比堆存面积大 1~2 倍。

(4) 影响环境卫生

固体废弃物在城市大量堆放而又处理不当，不仅影响市容，而且会污染城市的环境。垃圾粪便长期弃往郊外，不作无害化处理，简单地作为堆肥使用，将使土壤碱度提高，土质受到破坏；还会使重金属在土壤中富集，被植物吸收进入食物链，还会传播大量的病原体，引起疾病。城市下水道的污泥中含有几百种病菌和病毒，会造成长期威胁。

(5) 造成资源浪费

资源能源会随固体废弃物的排放而流失，矿物资源一般只能利用一半左右。同时，废弃物排放和处置也要增加许多额外的经济负担。目前我国运输和堆存 1 t 废弃物，平均能耗在 10 元左右，造成巨大的经济损失。此外，某些有害固体的排放除了存在以上的危害外还有可能造成燃烧、爆炸中毒、严重腐蚀等意外事故和特殊损害。

(6) 造成景观污染

由于城市固体废弃物处理能力不足和管理不善，大量的垃圾特别是塑料包装物被随意抛弃，流失在环境中，给城市景观带来很大破坏，形成了“白色污染”和“垃圾长城”。散落的垃圾给人们的视觉带来不良刺激，影响景观的整体美感。如北京故宫周围的筒子河水面时常可见到各种漂浮的废弃物，局部河段的垃圾已高出水面。经有关部门的测定，化学耗氧量超过国家地面水三类水质标准 2.2 倍，氨氮污染达到超富营养化的程度，超过国家景观娱乐用水水质标准 2.78 倍；在夏季河水已经产生令人厌恶的色、味，影响城市的形象和作为旅游景观的价值。城郊接合部形成的天然垃圾堆放场，周围到处飞扬的塑料废弃物挂在树上形成“万国旗”，景观令人触目惊心。

随着我国城市化进程的不断加快,城市固体废弃物处理处置不当造成的环境问题日益突出,成为一个人民关心、新闻媒体关注、影响国家和政府形象的社会问题。这不仅给城市环境造成了巨大的压力,而且也限制了城市的发展。

1.1.6 城市固体废弃物的特点

(1) 资源和废弃物的相对性

城市固体废弃物具有鲜明的时间和空间特征,故废弃物又称之为错误的时间放在错误地点的资源。从时间方面讲,目前城市固体废弃物仅仅是在当前的科学技术和经济条件下无法加以利用,但随着时间的推移、科学技术的发展以及人们的需求变化,废弃物可能成为另一种资源。从空间角度讲,废弃物仅仅相对于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。一种过程的废弃物,往往可以成为另一种过程的原料。

城市固体废弃物往往是许多污染成分的终极状态。例如,一些有害气体或飘尘,通过治理最终富集成固体废弃物;一些有害溶质和悬浮物,通过治理最终被分离出来成为污泥或残渣;一些含重金属的可燃固体废弃物,通过焚烧处理,有害金属浓集于灰烬中等。但是,这些“终态”物质中的有害成分,在长期的自然因素作用下,又会转入大气、水体和土壤,又成为大气、水体和土壤环境的污染“源头”。

(2) 危害具有潜在性和长期性

城市固体废弃物除直接占用土地和空间外,其对环境的危害影响需要通过水、气或土壤等介质方能进行。固体废弃物潜在性表现在呆滞性大、扩散性小,对环境的影响主要是通过水、气和土壤进行的。其中污染成分的迁移转化,如浸出液在土壤中的迁移,是一个比较缓慢的过程,其危害可能在数年后才能发现,又突出了危害的长期性。从某种意义上讲,固体废弃物特别是有害物质对环境造成的危害可要比水、气造成的危害严重得多。以固态形式存在的有害物质向环境中的扩散速率相对比较缓慢,与废水、废气污染环境的特点相比,固体废弃物污染环境的潜在性非常强,固体废弃物对环境的污染一旦发生,后果十分严重。

(3) 城市固体废弃物数量巨大、种类繁多、成分复杂

我国城市固体废弃物污染控制已成为环境保护领域的突出问题,就前所述我国城市固体废弃物产生量,可以看出我国城市人均日产垃圾量超过 1 kg,接近工业发达国家的水平,在这个意义上说,我国已经处在超前污染的状态。我国城市固体废弃物的来源十分广泛,从城市固体废弃物的分类,我们可以大致了解固体废弃物组成的复杂状态。除在城市垃圾中包含了几乎所有日常生活中接触到的物质外,危险废弃物和工业固体废弃物的种类将随着科学技术的发展而使我们难以做出超前的划定。

1.1.7 固体资源浪费状况

人们消费和使用过后的产品,也就是废弃物,本应是自然循环的一部分,而且从物质运动层次和能量的角度看,退出自然循环的物质越少,世界就会越趋向于永恒。可是人类现在一边过量地向自然索取物质,一边又产生了大量的“废弃物”,越来越多的物质退出了自然循环,造成了大量的资源浪费和日益严重的资源短缺问题。

从资源学的观点看,由于城市固体废弃物构成的改变,废弃物中无机物含量持续下降,

有机物、可燃物增多,可回收利用物质增加,可利用价值增大。固体废弃物可以说是目前世界上唯一不断增长的潜在资源。“废弃物”中含有很多可被利用的资源。

目前,国外固体废弃物资源化的水平较高,其综合利用率已在 60% 以上,如法国每年铜产品的原料有 80% 来源于废铜;美国一年所生产新闻纸的原料有 1/3 是废纸;日本塑料产品的原料有一半是废塑料。而我国固体废弃物的回收利用率尚不足 5%。以废纸为例,我国目前废纸回收率仅为 20% 左右,每年流失废纸约 600×10^4 t,相当于浪费木材 2400×10^4 m³,浪费森林资源 $10 \times 10^4 \sim 20 \times 10^4$ m²。据估算,目前全国垃圾填埋场和堆放场中甲烷气体 1 a 的排放量,相当于 700×10^4 t 左右煤炭的能源潜力,直接经济价值达 10×10^8 元。中等发达城市的垃圾资源的物料和能量回收价值分别可达到 16.3 元/t 和 28.3 元/t,已超过了目前垃圾填埋处理的成本(12~20 元/t)。

因此,从资源学的角度来看,固体废弃物是一种放错地点的资源。如果能有效地回收利用,它将不再是给城市带来污染和脏乱的废弃物,而是宝贵的资源宝库。初步统计的数据是:我国城市固体废弃物中的有用物质如果得到充分的回收利用,每年可减少因丢弃再生资源造成的 250 亿元损失,还可以创造数百亿元的财富。在变废为宝的过程中,还可以产生大量的就业机会。而资源耗用每减少一个单位,对环境污染则可减少 0.6 个单位。这充分表明固体废弃物的资源化具有深厚的潜力和广阔的发展前景。

1.1.8 固体废弃物资源化存在的问题

目前,我国固体废弃物资源化工作存在的主要问题如下。

(1) 对固体废弃物资源化的重要性认识不足,政策法规不完善

虽然我国资源总量不少,但人均占有量不足,属资源贫乏国家,废弃物资源化对我国来说更加重要,但不少人对我国资源形势的严峻性认识不足。我国关于废弃物资源化的政策法规还不完善。虽然我国已颁布《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》,规定国家对固体废物污染环境的防治,实行减少固体废弃物的产生,充分合理利用固体废物和无害化处置固体废弃物的原则。但由于缺少相应实施细则,对我国固体废物管理和资源化工作的推动作用不大。

(2) 资金缺乏,投入不足

认识上的不足和政策法规的不完善导致了废弃物资源化所需资金无法保证。在我国,由于经济还不发达,用于环保工作的资金很有限。这些有限的环保资金大部分用于废弃物收集、运输以及填埋、堆放等处理上,没有任何经济效益,资金只出不入,年年靠国家拨款维持。

(3) 技术落后,理论与实践脱节

近年来,我国固体废弃物资源化工作有了一定进展,不少地方建起了堆肥厂、焚烧场和废弃物综合利用厂。但实践表明,无论是在技术、设备,还是在管理经验上,我国与发达国家有着明显差距。理论与实际脱节是我国废弃物资源化工作中的另一问题。我国科研机构每年关于废弃物资源化方面的研究成果并不少,且有逐年增多的趋势,但是这些成果的转化率却很低,究其原因,最主要的恐怕仍是资金问题。资金短缺使这些研究成果失去了在实践中接受检验和推动废弃物资源化工作的机会。

1.2 固体废弃物的处理处置现状

长期以来,我国固体废弃物的处理处置主要是以寻找合适地点加以“消纳”为目的。目前,我国固体废弃物处理的最主要方式是填埋,约占全部处理量的70%以上;其次是高温堆肥,约占20%以上;焚烧量甚微。

近年来,我国陆续兴建了固体废弃物处理设施,废弃物处理率迅速提高。至2010年,我国657个城市共有生活垃圾无害化处理厂628座,日处理能力38.8万t。其中共有卫生填埋场498座,焚烧厂104座,堆肥厂11座。另外在生活垃圾清扫和收运方面,全国城市共有市容环卫专用车辆9万余台。一些城市建成了一些大、中型固体废弃物卫生填埋场,如日处量2000t的北京阿苏卫卫生填埋场,杭州、上海、深圳、广州等城市也都建有固体废弃物填埋场。在堆肥方面,已建成堆肥厂约20处,主要采用机械化堆肥和简易高温堆肥技术。在焚烧方面,目前只有深圳已建成一座日处理量450t的焚烧厂,其他城市也在积极开发国产焚烧炉。这对提高固体废弃物的无害化处理率,逐渐改变垃圾污染现状将起到积极作用。

固体废弃物的填埋主要采用集中堆放或简易填埋方式,由于没有很好的压实机械,这些填埋场未达使用年限就要填满封场。沿海省市垃圾填埋都很难再找到合适场地。在固体废弃物堆肥方面,主要采用机械化堆肥和简易高温堆肥技术。固体废弃物堆肥技术设施落后,堆肥产品销路不畅,质量不高,肥效低,利用率不高。许多城市的焚烧炉属于试验性质,不能做到正常运行,烟气不能全部达标。

总体来说,目前我国固体废弃物无害处理方面还处于起步阶段。固体废弃物尚未进行分类收集,只有少数城市实行了固体废弃物密闭运输。全国无害化处理处置设施严重不足,只有少数城市建成达到或基本达到无害化处理标准的处理场和处置场,大部分城市仍以简单填坑、填充洼地、地面堆积、挖坑掩埋、投入江河湖海、露天焚烧等处理方式为主。

1.2.1 传统处理型

固体废弃物的传统处理方法主要有填埋、焚烧、堆肥这三种处理技术。国内目前的主要处理方法是填埋;焚烧技术是沿海大中城市优先采用的处理方法;堆肥方法可以选择性地使用。

(1) 填埋

填埋是利用坑洼地带填埋固体废弃物,既可处置废弃物,又可覆土造地,保护环境。填埋主要有传统填埋法、卫生填埋法和生态填埋法三种类型。传统填埋法已逐渐被淘汰,目前大多采用卫生填埋法,但由于其占地面积大,此种处理方法在中国东部沿海和经济发达城市已受到限制。生态填埋法是卫生填埋方法的进一步改进,是公认的固体废弃物安全处置技术,是一种安全、经济、行之有效的固体废弃物最终处置方法,该技术将是填埋技术未来重要的发展方向。

(2) 焚烧

焚烧是将固体废弃物焚烧后,一部分转化为热能,实现废弃物减量化、无害化和资源化。近年来,随着国民经济的发展和固体废弃物污染控制的实际需要,焚烧技术开始有了较大的进展。通过引进关键技术和设备,建造了处理工业固体废弃物和城市垃圾的焚烧装置,并开发了一些适合中国国情的焚烧炉,为发展中国的焚烧技术打下了一定基础。该技术可使工

业固体废弃物和城市垃圾减容 85％以上，最大限度地延长现有固体废弃物填埋场的使用寿命。

（3）堆肥

堆肥就是利用微生物将固体废弃物中的有机材料部分进行腐蚀分解形成肥料。现阶段，固体废弃物堆肥厂的机械化水平和堆肥质量有明显提高，堆肥产品中的重金属含量和碎玻璃等杂质得到有效控制。由于具有良好的减量化和资源化效果，固体废弃物堆肥技术将重新得到重视，固体废弃物堆肥处理的比例将逐步增加。堆肥作为废弃物处理的一种方法已经得到广泛重视。

1.2.2 资源化利用型

近年来，“回用”、“再生”和“资源化”这些字眼被各行各业不断使用，而且这种趋势还将继续。虽然这些用词之间有着重要的技术上的区别，但从概念上来说都有一个目标，就是使废弃物具有最佳的经济价值，使其资源化。目前，我国固体废弃物资源化利用主要采用回收利用和循环再生这两种手段。

（1）回收利用

回收利用属于直接型固体废弃物处理方式，它是指通过固体废弃物初步分类后，经过简单处理后对废弃物进行直接利用，属于固体废弃物的粗资源化阶段，如固体废弃物中的废金属、废玻璃、废钢筋、塑料、废纸、织物等都是可以回收利用的。

（2）循环再生

循环再生属于循环型固体废弃物处理方式，它是指通过一定的再生技术，将使用过的材料转变成新的产品，属于固体废弃物的精资源化阶段。循环再生把传统的“资源—产品—废弃物”的模式，重构组成“资源—产品—再生资源”的反馈式流程和“低开采—高利用—低排放”的循环利用模式，防止了潜在可用材料的浪费，减少了全新原材料的消耗，同时也降低了能源的使用。

五种固体废弃物处理方式对比由表 1-2 可见。

表 1-2 五种固体废弃物处理方式对比

对比项目	填埋	焚烧	堆肥	回收利用	循环再生
优点	技术简易、成本低	效率高，节约用地	技术较可靠	技术简易，环境影响小	节约能源
缺点	需大量占用土地	焚烧后产生大量废气和废渣，二次环境污染	处理量小，有轻微气味	资源化价值不高，利用率低，造成浪费较大	技术复杂，成本较高，二次环境污染
技术可靠性	可靠	较可靠	可靠	可靠	起步、研究阶段
技术复杂性	简易	较简易，需二次污染处理	较复杂，国内有相当经验	较简易	复杂，部分技术仍处于研究阶段
环境污染性	有可能造成水污染、大气污染和土壤污染	有可能造成大气污染，对微量剧毒物需作处理	可能造成水污染和土壤污染，有轻微气味，需控制重金属含量	污染较少	污染较少

续表 1-2

对比项目	填埋	焚烧	堆肥	回收利用	循环再生
资源回收率	低	较低	较高	较高	高
市场价值	小	较小	较大	较大	大
处置成本	小	较大	较小	较小	大

1.3 固体废弃物资源化的意义及利用

1.3.1 固体废弃物资源化的概念、意义和发展

固体废弃物问题出现以来,对它的认识经历了不同的发展阶段。20 世纪 70 年代以前,世界固体废弃物对策主要是开发处理技术和防止二次公害。70 年代以后,在国际能源危机的冲击下,人们对环境问题的认识日益深刻,于是出现了资源化的提法,对固体废弃物采取的对策也由消极的处理转向资源化方向的发展。

资源化从广义上讲,表示资源的再循环。从狭义上讲,可以说是为了再循环利用废弃物而回收资源和能源。资源化的概念中也同时包含实现资源和能源回收所采取的管理工艺措施和技术方法。关于资源化的提法很多,尚无统一的定义。在此,从便于理解的角度出发,对其包含的内容和涉及的范畴给予解释。资源化的定义包括以下三个范畴:① 物质回收。即处理废弃物并从中回收指定的二次物质,如从城市垃圾中回收纸张、金属、玻璃等物质。这也是我国目前做得较好的资源回收工作之一。② 物质转化。即利用废弃物制取新形态的物质。利用炉渣生产砖瓦和其他建筑材料、利用城市垃圾生产堆肥等均属此类。③ 能量转换。即从废弃物中回收能源。分为直接方式和间接方式,前者如焚烧垃圾回收蒸汽和热水,后者如利用有机废弃物生产固态、液态和气态燃料。

目前,资源形势已十分严峻,石油、煤炭等按已探明的储量和消耗量的增长几百年乃至五六十年内就将耗去全部储量的 80%。在这种形势下,资源化的意义非常重大。首先,物质回收和能源再利用,可节省自然资源,缓解资源危机。其次,物质的再循环利用可减少废弃物产生量,降低废弃物处理的能源消耗。有人预测,在不久的将来,资源化技术将全面推广实行。回收的物质和能源完全满足生产和生活的需要,而自然资源将居于后备地位,整个社会生产进入良性循环。资源化的环境效益也不容忽略,虽然此种预测有些过于乐观,但资源化的重大意义已成为不争的事实。

资源化一经提出便得到承认,并获得迅速发展。发达国家把废弃物资源化列为经济政策的一部分,斥巨资进行开发。日本由于资源缺乏,废弃物资源化被列为国家重点政策之一,并作为当前的紧急课题加以研究。目前,世界范围内正在进行“二次物料工业革命”。经过多年研究,已开发了堆肥、焚烧、热解等多种资源化技术,研制了众多资源化成套设备并投入了运行。

固体废弃物资源化的意义就是在对其中的有用物质及能量加以回收和利用的同时,使其无用部分达到无害化、减量化。这样不仅可以提高社会效益,做到物尽其用,并可取得一定的经济效益,同时还能达到环境保护的目的。

固体废弃物处理的最终出路在于废弃物资源化,这种理念正在变成废弃物管理体系的

基本政策。因处置不当固体废弃物会给环境造成恶劣影响,这已成为国际上公认的严重环境问题之一。

鉴于固体废弃物对环境的恶劣影响,近年来人们在不断开发研究各种处置固体废弃物技术的同时,也在不断研究将其资源化的技术。这在资源和能源短缺以及环境问题日益突出的今天愈发重要。