

第1章

认识生活固体废物

1.1 生活固体废物来源

1.1.1 来源及分类

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》对固体废物定义如下：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。经无害化加工处理，并且符合强制性国家产品质量标准，不会危害公众健康和生态安全，或者根据固体废物鉴别标准和鉴别程序认定为不属于固体废物的除外。

生活固体废物(简称生活固废)是指在日常生活中或者为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。这些废物主要包括居民生活垃圾、集市贸易与商业垃圾、公共场所垃圾、街道清扫垃圾及企事业单位垃圾等。生活固废主要包括有机类(如瓜果皮、剩菜剩饭)、无机类(如废纸、饮料罐、废金属等)以及有害类(如废电池、荧光灯管、过期药品等)。生活固废的处理方式主要包括物理处理(如粉碎、压缩和干燥)、生物化学处理(如消化分解和吸收)以及化学处理(如热解气化和焚烧等)。

生活固废一般实行“大分流，小分类”的分类方法(图 1-1)。小分类是指狭义的生活垃圾，包括厨余垃圾、可回收物、有害垃圾和其他垃圾。“大分流”包括狭义的“生活垃圾”、大件垃圾、建筑垃圾、园林垃圾、餐饮垃圾等，针对这些建立独立的分流收运体系，分别进行收集、运输和处理，城市生活垃圾分类见表 1-1。



图 1-1 广义及狭义的生活垃圾分类

表 1-1 城市生活固废分类表

分类	分类类别	内 容	出 处
厨余垃圾	家庭厨余垃圾	居民家庭日常生活过程中产生的菜帮、菜叶、瓜果皮壳、剩菜剩饭、废弃食物等易腐性垃圾，简称“厨余垃圾”	《生活垃圾分类标志》(GB/T 19095—2019) 《城市生活垃圾分类及其评价标准》(CJJ/T 102—2004)
	餐饮厨余垃圾	相关企业和公共机构在食品加工、饮食服务、单位供餐等活动中产生的食物残渣、食品加工废料和废弃食用油脂等	
	其他厨余垃圾	农贸市场、农产品批发市场产生的蔬菜瓜果垃圾、腐肉、肉碎骨、水产品、畜禽内脏等，简称“厨余垃圾”	
生活垃圾	可回收物	纸类	《生活垃圾分类标志》(GB/T 19095—2019) 《城市生活垃圾分类及其评价标准》(CJJ/T 102—2004)
		塑料	
		金属	
		玻璃	
		织物	

续表

分类	分类类别		内 容	出 处
生活垃圾	有害垃圾	灯管	居民日常生活中产生的废荧光灯管、废温度计、废血压计、电子类危险废物等	《生活垃圾分类标志》(GB/T 19095—2019) 《城市生活垃圾分类及其评价标准》(CJJ/T 102—2004)
		家用化学品	居民日常生活中产生的废药品及其包装物、废杀虫剂和消毒剂及其包装物、废油漆和溶剂及其包装物、废矿物油及其包装物、废胶片及废相纸等	
		电池	居民日常生活中产生的废镍镉电池和氧化汞电池等	
其他垃圾			在垃圾分类中,按要求进行分类以外的所有垃圾	《城市生活垃圾分类及其评价标准》(CJJ/T 102—2004)
大件垃圾	家具		主要包括床架、床垫、沙发、桌子、椅子、衣柜、书柜等具有坐卧以及贮藏、间隔等功能的废旧生活和办公器具,包括制作家具的材料等	《城市生活垃圾分类及其评价标准》(CJJ/T 102—2004) 《大件垃圾收集和利用技术要求》(GB/T 25175—2010)
	家用电器和电子产品		家用电器:电视机、电冰箱/柜、空调、洗衣机、吸尘器、微波炉、电饭煲、烤箱、热水器等 电子产品:计算机、打印机、传真机、复印机及电话机等	
	其他大件垃圾		厨房用具、卫生用具、行走车辆以及用陶瓷、玻璃、金属、橡胶、皮革、装饰板等不同材料制成的各种大件物品等	
园林垃圾	绿化植物废弃物		绿化植物生长过程中自然更新产生的枯枝落叶废弃物或绿化养护过程中产生的乔灌木修剪物(间伐物)、草坪修剪物、花园和花坛内废弃花草以及杂草等植物性废弃材料	《绿化植物废弃物处置和应用技术规程》(GB/T 31755—2015) 《城市绿色废弃物循环利用技术通用规范》(DBJ 440100/T×59—2010) 《园林绿化废弃物堆肥技术规程》(DB11/T 840—2011) 《绿化植物废弃物处置技术规范》(DB31/T 404—2009)
	城市绿色废弃物		指在城市的生产、生活等活动中产生的植物性废弃物,具有高纤维素含量、高 C/N 比等性质	
	园林绿化废弃物		园林绿化经营管理过程中所产生的枝干、落叶、草屑等植物残体	
	绿化植物废弃物		指城市绿地或郊区林地中绿化植物自然或养护过程中所产生的乔灌木修剪物(间伐物)、草坪修剪物、杂草、落叶、枝条、花园和花坛内废弃花草等废弃物	

续表			
分类	分 类 类 别	内 容	出 处
建筑垃圾	工程渣土	碎砖块(砖、石、混凝土等)、渣土	《施工现场建筑垃圾减量化技术标准》(JGJ/T 498—2024) 《建筑垃圾就地分类及处理技术标准》(行标征求意见稿)
	工程泥浆	泥浆、泥沙	
	工程垃圾	无机非金属类(混凝土、水泥制品、砂石、砖瓦、陶瓷、砂浆、轻型墙体材料等)、金属类、有机类(木材、塑料、织物、纸类、沥青类等)、其他类	
	拆除垃圾	无机类(混凝土、石材、砖瓦砌块、陶瓷、玻璃、轻型墙体材料、石膏、土)、金属类、木材类、有机可燃类(塑料、纸制品等)、其他类	
	装修垃圾	无机类(水泥制品,凿除、抹灰等产生的旧混凝土,砂浆层等矿物材料)、金属类、有机类(木材、塑料、织物纸类、沥青类等)、其他类	

1.1.2 基本特征及污染风险识别

1. 生活固废基本特征

来源广：城市生活固废产生源主要有居民区、办公区、公共场所、文教区、餐饮机构、集贸市场以及与生活相关的其他场所等。

产量大：随着人口的增长和消费模式的变化,生活固体废物的产生量逐年增加。2023 年,中国生活垃圾清运量为 25408 万吨,无害化处理量为 25402 万吨。

成分复杂：生活固废包含可回收物、有害垃圾、厨余垃圾等,成分复杂,需要分类处理。

地域性强：不同地区的生活习惯和经济条件会影响生活固废的组成和产生量。

季节性强：某些生活固废,如园林垃圾产生量会随着季节变化而变化,如节日期间可能会产生更多的包装材料、年花年橘等。

污染风险高：生活固废中的某些物质,如废镍镉电池和氧化汞电池、荧光灯管等,含有有害物质,如果不正确处理,会对土壤、水体和空气环境造成污染。

有一定资源属性：部分生活固废可以回收再利用,如纸张、塑料、金属等,具有一定的资源回收价值。有机类生活固废,如厨余垃圾,具有一定的生物降解性,可以通过堆肥等方式转化为肥料。

管理复杂性：由于生活固废的多样性和复杂性,其收集、运输、处理和处置需要复杂的管理体系,归属的管理部门涉及住建、城管、环保、商务、应急等,导

致责任不明确、管理重叠与缺失、沟通不畅与效率低下等多头管理弊病频繁发生。

2. 生活固废污染风险识别

生活固废具有污染属性与资源属性双重属性,如图 1-2 所示。在特定的场景、时间和技术条件下,固体废物在丢弃之前或在被最终处置之前,极有可能成为其他产品的资源或被消费者再次利用,因此虽然固体废物是一种废物,但在特定的情况下具有一定的资源性。但如不能及时处理,具有长期潜在危害性。固体废物在产生、排放、收集、储存、运输、回用、处理及处置过程中,均可能对环境造成一定的污染,主要是通过水体、空气和土壤传播的。



图 1-2 固体废物的双重属性

从环境保护角度来看,生活固废首先是污染源,不加以控制必然会造成环境污染。即使采取规范措施加以控制,在其收集运输、处理处置、资源能源回收利用的各个环节也都可能对大气、水体、土壤等环境介质产生一定程度的污染。控制措施不同,污染程度也不同,但真正的“零污染”是不现实的。

从经济学角度来看,生活固废是具有负价值的“商品”,无论采用何种控制措施,都需要支付一定的经济成本。控制措施的环保标准越高,向环境排放的污染物越少,需要支付的经济成本就越高;反之控制措施的环保标准越低,向环境排放的污染物越多,需要支付的经济成本就越低。

另外,生活固废都蕴含着一定的物质和能量,如果能够提取出来,就可以作为替代材料、替代能源甚至战略物资加以利用,从而减少原生资源的开采,降低相关产品全生命周期污染物排放,因此具有显著的资源属性。在我国主要资源人均储量远低于世界平均水平的背景下,充分回收大量产生的各类生活固废中

蕴含的物质与能量,成为突破资源约束瓶颈、降低能耗物耗、改善环境质量的重要举措,也是“绿色发展”的题中应有之义。

1.2 生活垃圾

1.2.1 生活垃圾产量及特性

随着生产力的发展,居民生活水平的提高,商品消费量迅速增加,生活垃圾的产生与排出量也随之增长。城市生活垃圾的产生量受人口和经济发展水平的直接影响。近年来,我国经济持续高速发展,城市化进程加快,人民生活水平大大提高,同时生活垃圾产出量也急剧增加。1980—2023年间,城市生活垃圾整体呈现上升趋势,年增长率最大可达14%,但也出现了几个负增长的时间点(图1-3)。清运的城市生活垃圾处理方式也发生了较大的改变。在1995年之前,仍有一半以上的城市生活垃圾未经处理,随意丢弃。随着城市环卫系统的不断健全,无害化处理率呈现逐年升高的趋势。1980年我国城市生活垃圾清运量为3132万吨,无害化处理量仅为215万吨,无害化处理率不足7%。2023年我国城市垃圾清运量为24869.2万吨,同比增长5.77%,其中无害化处理量为24839万吨,无害化处理率超99.8%。此外,2023年全国城市生活垃圾无害化处理能力为115.2万吨/日,无害化处理量为2.59亿吨,无害化处理率为99.9%。

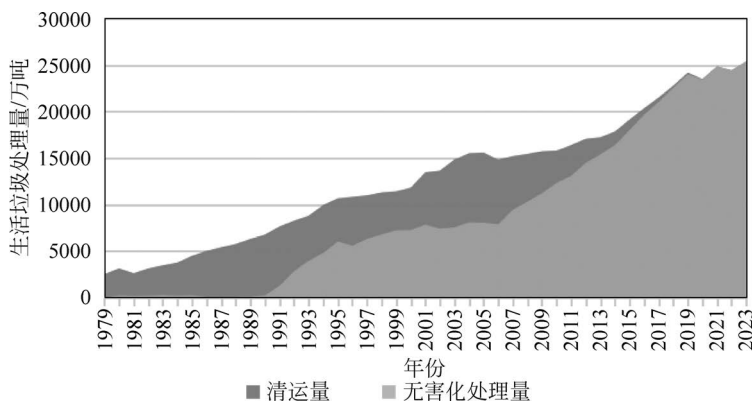


图 1-3 城市生活垃圾清运量及无害化处理量变化趋势

生活垃圾成分复杂,由于各地气候、季节、生活水平与习惯等的差异,造成生活垃圾成分的复杂性、不均匀性。狭义的生活垃圾是指居民家庭产生的固体废物,主要包括厨余垃圾、可回收物、有害垃圾和其他垃圾。中华人民共和国住

住房和城乡建设部(简称“住建部”)于2019年颁布的《生活垃圾分类标志》(GB/T 19095—2019)规定了生活垃圾分类标志类别构成、大类用图形符号、大类标志的设计、小类用图形符号、小类标志的设计以及生活垃圾分类标志的设置。生活垃圾分类标志由4个大类标志和11个小类标志构成。大类标志包括厨余垃圾、可回收物、其他垃圾和有害垃圾。其中厨余垃圾(也可称为湿垃圾)包含3小类,分别为家庭厨余垃圾、餐厨垃圾和其他厨余垃圾。可回收物包括5小类,分别为纸类、塑料、金属、玻璃、织物。有害垃圾包含灯管、家用化学品及电池3小类。

对部分发展中国家及发达国家的生活垃圾组分汇总如表1-2和图1-4所示。厨余垃圾、纸类、塑料类等是其主要组成部分。有研究学者对我国18个地区的生活垃圾组分进行了分析,发现我国厨余垃圾平均含量为59.3%。同时对发达国家的调研结果显示,新加坡、美国、意大利等国家厨余垃圾比例较低,发达国家厨余垃圾的平均占比为31.6%,仅为发展中国家的约一半。

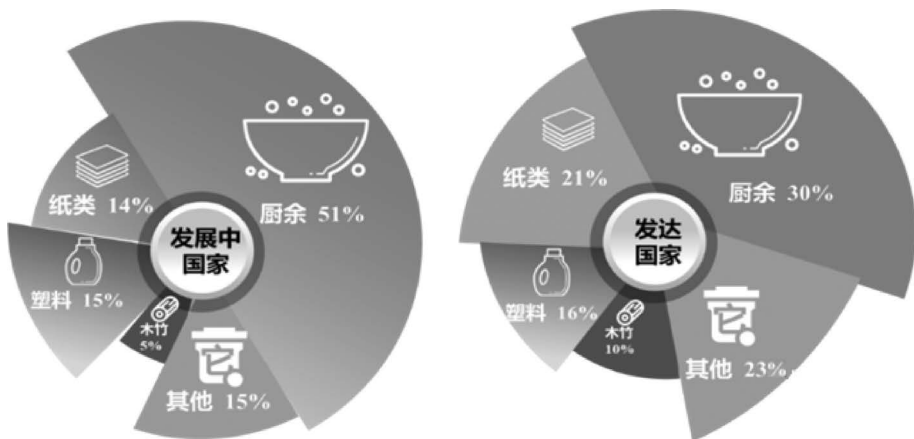


图 1-4 发展中国家与发达国家生活垃圾组分对比

1.2.2 垃圾分类

1. 背景

2016年以来,习近平总书记多次就垃圾分类做出重要指示批示,强调“普遍推行垃圾分类制度”。党的十九大报告提出“加强固体废弃物和垃圾处置”,《中共中央关于坚持和完善中国特色社会主义制度推进国家治理体系和治理能力现代化若干重大问题的决定》提出“普遍实行垃圾分类和资源化利用制度”,《中

表 1-2 部分发展中国家及发达国家生活垃圾组分汇总表

地区	年份	餐厨	纸类	塑料类	纺织类	木竹类	灰土类	砖瓦类	玻璃类	金属类	其他
中国(深圳)	2013年	48.4	13.1	18	5.6	3.4	6.7	1.9	2.1	0.8	—
中国(北京)	2014年	40.4	27.9	18.1	1.4	10.2	0.5	0.2	1	0.3	—
中国(北京)	2010—2012年	53.7~61.5	14.5~17.7	15.7~18.9	—	—	—	—	—	—	—
中国(北京)	2009年	63.4	15	16.5	1	1.1	0.4	0.1	2.1	0.4	—
中国(北京)	2009年	51.8	11.7	21	4.2	4.9	3.4	2.1	0.3	0.6	—
中国(苏州)	1999—2010年	61.2~69.1	6.1~13.2	11.6~19	1.7~4.2	0.3~1.9	0.4~6.3	—	1.2~2.9	0.2~2.9	—
伊朗	2018年	68.7	9.9	11.9	—	1.2	3	—	2.8	0.9	1.6
加纳	2015年	61	5	14	1	—	5	—	3	3	8
巴西	2011年	49.5	18.8	22.9	3	1.3	0.2	—	1.5	2.8	—
印度	2011年	52.3	13.8	7.9	1	—	—	—	0.9	1.5	22.6
印度	2010年	42.9	6.1	6	2.5	9.5	12.5	8	2	5	5.5
土耳其	2015年	42.4	11	13.4	—	—	11.3	—	3.6	1.1	17.2
泰国	2012年	34	15	24	2	10	—	—	8	3	4
马来西亚	2019年	53.1	23.1	—	13.9	8.1	1.8	—	—	—	—
发展中国家	2018年	52.1	11.4	12.7	2.9	4.3	13.1	—	2.9	0.6	—
丹麦	2010年	28	24	24	—	16	—	—	4	4	—
美国	2009年	15.7	—	25	13.2	—	—	—	10	10	26.1
芬兰	2015年	27.1	10.5	21.7	—	—	—	—	2.4	4.0	34.3
日本	2017年	39.8	32.2	9.7	6.4	3.5	4.7	0.8	0.9	2	—
英国	2011年	36.6	25	3.7	2.1	—	—	—	9	2.8	—
法国	2013年	39.6	16.2	11.7	2.3	—	—	—	6.3	3.0	20.9
新加坡	2019年	16	23	35	7.7	6.9	11.4	—	—	—	—
意大利	2017年	35	19	11	—	—	—	—	6	3	26
发达国家	2018年	31.6	23.2	13.3	4.4	12.1	5.6	—	5.3	4.5	—

中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》提出“因地制宜推行垃圾分类制度”。“十四五”规划纲要明确“要建成全链条的生活垃圾分类处理系统”,《2030年前碳达峰行动方案》指出要“扎实推进生活垃圾分类,加快建立覆盖全社会的生活垃圾收运处置体系,全面实现分类投放、分类收集、分类运输、分类处理”。垃圾分类这一“关键小事”的意义已大大超越垃圾处理与废物资源化本身,成为我国生态文明建设的重要内容、基层社会治理的重要抓手和社会主义文明促进的重要载体^[1]。

2020年9月1日,新修订实施的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》提出“国家推行生活垃圾分类制度”,并明确“生活垃圾分类坚持政府推动、全民参与、城乡统筹、因地制宜、简便易行的原则”,为普遍推行垃圾分类制度提供了坚实的法制保障。北京、上海等46个垃圾分类重点城市全部出台了地方性法规或规章及配套政策文件,从国家、重点城市和部分省份层面上,垃圾分类已经实现有法可依、有规可循^[2-4]。2021年,全国人大常委会开展固体废物污染环境防治法执法检查,将垃圾分类制度落实情况作为执法检查的重点之一,对相关法规、标准、政策、制度等出台和完善、对相关政府部门形成工作合力、对各类责任主体履行责任,对垃圾分类处理能力提升和结构优化起到了显著促进作用^[1]。我国垃圾分类政策发展如图1-5所示。

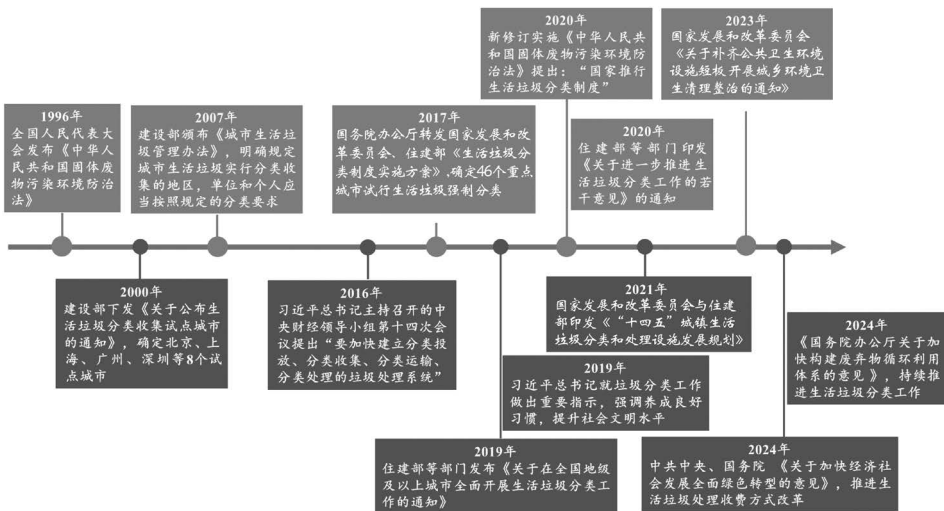


图 1-5 我国垃圾分类政策发展

2. 进展

2017年3月,国家发展和改革委员会(简称“发改委”)、住房和城乡建设部

发布《生活垃圾分类制度实施方案》，确定在全国 46 个重点城市的城区范围内试行生活垃圾强制分类。

截至 2020 年年底，46 个重点城市基本建成分类投放、分类收集、分类运输、分类处理的生活垃圾管理系统，覆盖 16.8 万个居民小区、8300 万户居民，居民小区覆盖率达 94.6%；分类运输体系基本建成，配备 1 万多辆厨余垃圾运输车，“混装混运”“先分后混”现象杜绝；生活垃圾全部实现无害化处理，厨余垃圾处理能力从 2019 年年底的 3.5 万吨/日提升到 7.1 万吨/日，可回收物规范化回收利用水平显著提升，生活垃圾回收利用率从 2019 年年底的 29.1% 提升到 36.2%，超过 35% 的预期目标^[1,4]。

46 个试点城市参与生活垃圾分类工作的党员领导干部总数达 100 万，志愿者达 300 万，开展入户宣传 3000 多万次，开展各类主题宣传活动、垃圾分类实践活动累计 8.5 万次，形成了良好的社会氛围。根据万科公益基金会和“零点有数”在北京、上海、天津、重庆、广州、深圳等 20 个样本城市的专业调查结果，居民对垃圾分类的信心度明显上升，超过八成的居民认同生活垃圾减量分类是居民的法定责任和义务，源头减量与废旧物品回收利用的意识不断提高，行为也更加普遍；2018—2021 年，样本城市有垃圾分类习惯的居民比例持续增加，且居民对于常见生活垃圾特别是厨余垃圾、有害垃圾的分类行为正确率大幅提升；定时定点投放等集约化管理措施得到全国各地居民的普遍支持，国家标准规定的生活垃圾“四分法”得到普遍认可^[1]。

46 个重点城市大力推动垃圾分类，也有效带动了全国生活垃圾处理能力持续提升，结构持续优化：2020 年全国城市生活垃圾清运量为 2.35 亿吨，无害化处理率达 99.7%，其中焚烧发电占 62.3%，卫生填埋占 33.1%，生化处理等占 4.6%；农村生活垃圾收运处理的行政村比例达 90% 以上，2.4 万个非正规垃圾堆放点得到整治。北京、上海等 30 多个城市基本实现原生垃圾零填埋。从分类处理系统能力和结构来看，我国城市生活垃圾处理与日本、德国、瑞典等发达国家的差距迅速缩小，其服务功能正在从环境卫生和环境质量改善向环境安全保障与气候变化应对过渡^[1,5]。

3. 典型城市分类成效

(1) 北京

2023 年，北京市家庭厨余垃圾分出率稳定在 18% 以上，生活垃圾回收利用率达到 38.5% 以上。相比《北京市生活垃圾管理条例》实施前，厨余垃圾分出量增长 10 余倍，可回收物规范回收量增长近 1 倍，其他垃圾减量率超过 30%，全市生活垃圾日处理能力达到 3.2 万吨，分类效果明显。推动近 1.6 万个居住小