

doi:10.3969/j.issn.1007-7545.2023.09.001

我国固体废物利用处置现状与对策研究

牟思宇, 谢宇斌, 杨箫滢

(国务院国资委研究中心, 北京 100053)

摘要:我国固体废物的历史堆存量与年新增量均居世界首位, 固体废物的减量化、资源化、无害化利用处置, 是关乎新时代我国生态文明建设的“国之大者”。由于管理起步较晚, 我国固体废物利用处置仍面临相关法律法规不够完善、技术设备支撑较弱、市场化集中度较低、重要性认识有待提高等问题。在梳理我国固体废物利用处置相关政策、技术路径及行业发展现状的基础上, 针对现存主要问题提出了相应对策建议。

关键词:固体废物管理; 利用处置; “减量化、资源化、无害化”

中图分类号: X705; X708

文献标志码: A

文章编号: 1007-7545(2023)09-0001-10

Research on Current Situation and Countermeasures of Solid Waste Utilization and Disposal in China

MOU Siyu, XIE Yubin, YANG Xiaoying

(Research Centre of State-owned Assets Supervision and Administration Commission of the State Council, Beijing 100053, China)

Abstract: China's solid waste stockpile and annual increment rank first in the world. The reduction, recycling, and harmless utilization and disposal of solid waste are related to the construction of ecological civilization in China in the new era. Due to the late start of solid waste management, the current solid waste utilization and disposal still faces problems such as imperfect relevant laws and regulations, weak technical equipment support, low market concentration, and low awareness of importance. On the basis of combing the relevant policies, technical paths and industry development status of solid waste utilization and disposal in China, the corresponding countermeasures and suggestions for the existing main problems were put forward.

Key words: solid waste management; utilization and disposal; “reduction, resource, harmless”

固体废物是指在生产建设、日常生活和其他活动中产生的污染环境的固态、半固态废弃物, 包括工业固体废物、危险废物、城市生活垃圾、建筑垃圾和农业固体废物等类型^[1]。固体废物量多面广、成分复杂, 不当处置将使毒害成分以直接或间接途径进入环境, 导致长期性、叠加性、复杂性污染, 严重威胁生态环境安全和公众健康^[2]。由于具有鲜明的时间和空间特征, 固体废物在特定

时空条件下可重获利用价值, 被称为“放在错误地点的原料”^[3]。

我国是世界第一大固体废物产生国, 当前固体废物增量和存量均处于历史高位^[4]。据估计, 2030年我国主要“城市矿山”回收价值、乡村废物资源化利用投资收益、重点工业固体废物资源化经济效益将分别达到2.14万亿元、3.97万亿元和1.35万亿元^[5]。但另一方面, 我国每年新增固体废物排放的

收稿日期: 2023-04-07

作者简介: 牟思宇(1994-), 女, 博士研究生, 助理研究员, 经济师

COD、氨氮和重金属等污染物分别超过 4 亿吨、1 000 万吨和 4 万吨,分别是城市污水和工业废水污染物排放量的 40 倍、7 倍和 200 倍^[6]。相比大气和污水,我国固体废物治理起步较晚、投入较少,“垃圾围城”压力不断加大,部分地区固体废物不当堆存、非法转移倾倒问题突出,固体废物管理面临严峻挑战。

党的十八大以来,以习近平同志为核心的党中央高度重视生态文明建设和环境保护工作,做出深入打好污染防治攻坚战、开展“无废城市”建设、推动危废监管和利用处置能力改革等一系列重大决策部署,为固体废物利用处置提出新要求、带来新的发展空间。2020 年,我国向世界作出“碳达峰、碳中和”庄严承诺,党的二十大报告更是首次将“双碳”目标写入党代会报告,充分体现了对生态环境保护工作的坚定态度。深入推进固体废物的减量化、资源化

和无害化处理,发挥固体废物利用处置对减污降碳目标实现的协同作用,是关乎生态文明建设成效的“国之大者”,必须坚决落到实处^[7]。

1 我国固体废物管理体系及利用处置路径

1.1 固体废物管理体系

我国固体废物管理以生态环境部及各级地方生态环境部门为主,自然资源部、工业和信息化部等部门在各自职责范围内配合监管,中国循环经济协会、中国环境保护产业协会等行业自律组织发挥桥梁纽带作用,共同推动行业持续稳定健康发展^[3]。当前,我国固体废物管理法律法规标准体系包括宪法和法律、行政法规、部门规章、地方性法规或地方政府行政规章、环境技术标准等(图 1)。

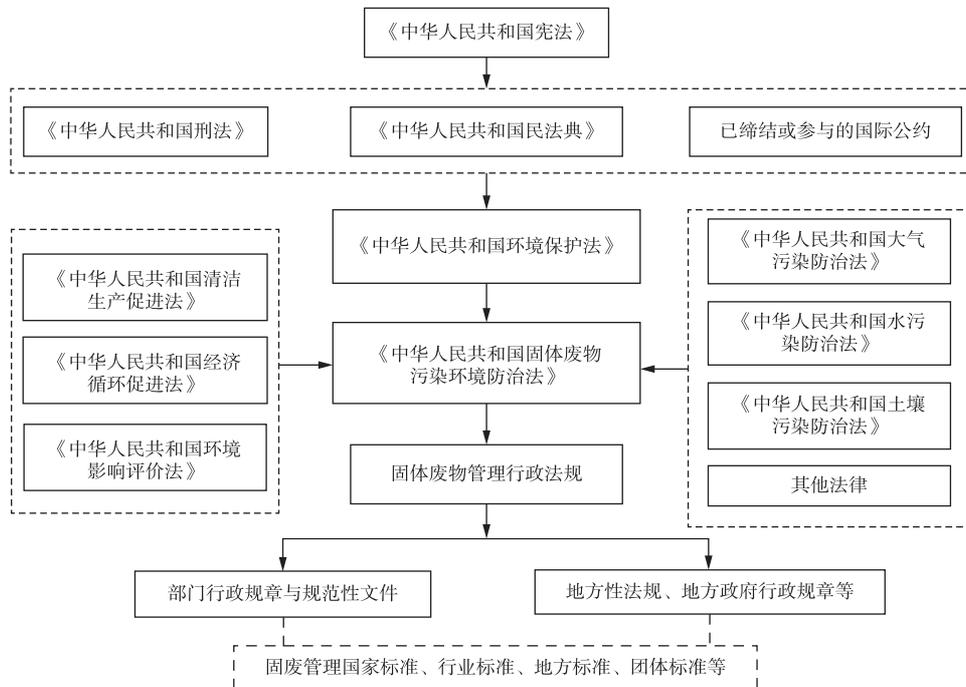


图 1 我国固体废物管理法律法规标准体系

Fig. 1 China's solid waste management laws, regulations and standards system

宪法和法律。我国《宪法》中关于“国家保护和改善生活环境和生态环境,防治污染和其他公害”等规定,为固体废物相关立法提供了基础和依据。《刑法》关于“环境污染罪”和《民法典》关于“环境污染和生态破坏责任”的相关规定,对固体废物违法违规利用处置行为形成巨大威慑;《环境保护法》作为环保领域的综合性法律,将固体废物利用处置作为环境保护责任制度确立下来。《固体废物污染环境防治法》是我国固体废物污染环境防治的第一部专项法,

自 1996 年首次实施以来已经历 5 次修订完善,关于固体废物处理处置、污染治理、监督管理等方面的引导和约束不断规范化、体系化、严格化,是支撑我国固体废物管理的核心法律。此外,《清洁生产促进法》《循环经济促进法》等其他法律中也有涉及固体废物管理的条款。

行政法规与部门行政规章、规范性文件。以宪法和法律为依据,国务院根据战略需要及固体废物管理发展实践,陆续出台相关行政法规,如《医疗废

物管理条例》等;国务院所属部委及具有行政管理职能的直属机构在法定权限内制定部门规章,如生态环境部印发《危险废物转移管理办法》等。此外,各行政机关根据实际需要制定发布行政规范性文件,推动落实固体废物依法管理(表1)。

地方性法规与地方政府行政规章。《固体废物污染环境防治法》出台后,至少20个省、市、自治区

结合本地区情况,及时修订或制定了专门的固体废物管理地方性法规或地方政府行政规章,如《浙江省固体废物污染环境防治条例》等。“十四五”期间,部分省市对固体废物利用处置提出了明确的规划目标,例如福建省提出到2025年,工业固体废物综合利用率力争达80%;重庆市提出到2025年,大宗工业固体废物综合利用率保持在70%以上等。

表1 我国固体废物管理部分政策文件

Table 1 Laws and regulations on solid waste management in China

类别	文件名称	文号	施行时间
法律	中华人民共和国固体废物污染环境防治法	中华人民共和国主席令第43号	2020-09-01
	中华人民共和国循环经济促进法	中华人民共和国主席令第4号	2018-10-26
	中华人民共和国清洁生产促进法	中华人民共和国主席令第54号	2012-07-01
行政法规	医疗废物管理条例	国务院令第380号	2011-01-08
	畜禽规模养殖污染防治条例	国务院令第643号	2014-01-01
	危险废物经营许可证管理办法	国务院令第408号	2016-02-06
	废弃电器电子产品回收处理管理条例	国务院令第551号	2019-03-02
	报废机动车回收管理办法	国务院令第715号	2019-06-01
	医疗卫生机构医疗废物管理办法	原卫生部令第36号	2003-10-15
部门规章	粉煤灰综合利用管理办法	国家发展和改革委员会等10部委令第19号	2013-03-01
	再生资源回收管理办法(2019修正)	商务部、国家发展改革委、公安部等6部委令2007年第8号	2019-11-30
	国家危险废物名录(2021年版)	生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部等5部委令第15号	2021-01-01
	尾矿污染环境防治管理办法	生态环境部令第26号	2022-07-01
规范性文件	关于推进大宗固体废弃物综合利用产业集聚发展的通知	发改办环资[2019]44号	2019-01-09
	关于印发“无废城市”建设试点工作方案的通知	国办发[2018]128号	2019-01-21
	关于建立健全农村生活垃圾收集、转运和处置体系的指导意见	建村规[2019]8号	2019-10-19
	关于全面禁止进口固体废物有关事项的公告	生态环境部、商务部、国家发展和改革委员会等4部委公告2020年第53号	2021-01-01

环境标准。为有效执行法律法规、推进固体废物规范化管理,相关部门在管理范围内制定修订配套标准规范。目前,我国固体废物管理标准可归纳为固体废物分类标准、监测标准、污染控制标准和综合利用标准四方面,包括国家强制性标准、国家推荐性标准以及行业标准等(表2)。其中,污染控制标准作为核心,可分为处置控制标准和设施控制标准两大类。

从近年政策来看,国务院部委层面先后推进危废规范化管理、城乡生活垃圾分类及无害化处理、固体废物综合利用等重点工作,协同开展“无废城市”建设试点、“清废行动2019”、危险废物专项整治三年行动、“三磷”专项排查整治行动、黄河流域“清废

行动”等专项行动,固体废物管理政治站位显著提高;同时,针对不同固体废物类型、不同处理环节采取针对性治理手段,精细化显著提升;对固体废物生产者和消费者提出更高要求,固体废物管理从后果治理转为全流程治理的导向进一步明确。

1.2 固体废物利用处置路径

固体废物形态成分不一,为提高后续处理效率和经济效益,收集、存放和运输后的固体废物需经压实、破碎、分选、脱水和干燥等预处理流程,转变为便于利用处置的形态。我国固体废物利用处置执行减量化、资源化、无害化原则,可归纳为生物处理、热解与焚烧、填埋处置和资源化利用四种技术路径^[3](表3)。

表2 我国固体废物管理部分标准

Table 2 Standards for solid waste management in China

类别	标准名称	标准编号
分类标准	固体废物鉴别标准 通则	GB 34330—2017
	生活垃圾分类标志	GB/T 19095—2019
	危险废物鉴别标准 通则	GB 5085.7—2019
	危险废物鉴别技术规范	HJ 298—2019
监测标准	工业固体废物采样制样技术规范	HJ-T 20—1998
	危险废物(含医疗废物)焚烧处置设施二噁英排放监测技术规范	HJ-T 365—2007
	生活垃圾卫生填埋场环境监测技术要求	GB/T 18772—2017
	转移、倾倒和填埋固体废物类环境事件快速监测技术规程	DB34/T 895—2021
污染控制标准	生活垃圾焚烧污染控制标准	GB 18485—2014
	危险废物焚烧/贮存/填埋污染控制标准	GB 18484—2020、GB 18597—2023、GB 18598—2019
	一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准	GB 18599—2020
	生物质废物堆肥污染控制技术规范	HJ 1266—2022
综合利用标准	工业固体废物综合利用产品环境与质量安全评价技术导则	GB/T 32328—2015
	畜禽粪便无害化处理技术规范	GB/T 36195—2018
	报废机动车回收拆解企业技术规范	GB 22128—2019
	废塑料再生利用技术规范	GB/T 37821—2019

表3 主要固体废物利用处置路径汇总

Table 3 Summary of main solid waste utilization and disposal paths

处置路径	具体技术	适用类型	优点	缺点
生物处理	好氧堆肥、厌氧发酵	有机固体废物,如污水污泥、厨余垃圾畜禽粪污等	工艺简单、经济成本低;二次污染较小	占地面积大、邻避效应较强;反应时间长,效率较低;应用范围有限
热解与焚烧	焚烧	城市生活垃圾、污泥、农业废弃物、医疗垃圾、电子废弃物等	处理量大、应用范围广;减量化效果明显	投资运营成本高;存在飞灰、有害气体等二次污染风险
	热解	具有一定能量的有机固体废物,如废旧塑料城市生活垃圾、废橡胶、秸秆等	可将废弃物转化为存放性能源,高效环保;可处理不适合焚烧填埋的固体废物,减排效果显著	应用范围有限;产生热解炭
填埋处理	卫生填埋	一般固体废物,如城市垃圾填埋	处理成本低、操作简单;处理量大、应用范围广;可作为资源储备形式	占地面积大;渗漏污染控制难度大,后期维护修复等管理费用高
	安全填埋	危险废物		建设成本较高
综合利用	工业窑炉协同处置	危险废物、一般固体废物	固体废物消纳潜力大、资源化利用水平高、环保效益好,无邻避效应	不适于处理爆炸性危废、含汞固体废物及石棉固体废物等
	电镀污泥贵金属回收	有色金属固体废物及危险废物	回收率高,缓解环境污染、弥补紧缺资源	设备及工艺要求高

生物处理。生物处理技术是指利用微生物将固体废物中的有机组分转化为有机肥料、生物质能等产品,具有成本低、二次污染较小等特点,适用于处理厨余垃圾、农业秸秆、畜禽粪污等有机固体废物,但耗时长、效率稳定性不足。目前,生物处理主要采用好氧堆肥、厌氧发酵和生物转化技术,相关研究重点关注实现生物处理提质增效的工艺与设备优化,如通风、温度、微生物活性等参数控制^[8-9];同济大学研究组提出电促定向发酵耦合直接种间电子传递的高效产甲烷新模式,最大限度提升有机固体废物的资源利用效率^[10];中国科学院武汉土力学研究所发现,微生物矿化技术可显著提升固体废物强度及重金属稳定性^[11]。

焚烧与热解。焚烧可实现垃圾减量80%以上,是城市生活垃圾的主流处理方式,但能耗偏高,尾气中二噁英、重金属等有害物质难以净化也一直是人们关注的重点^[12]。近年来,焚烧逐渐由单一处理向集焚烧、发电、供热等多功能于一体的综合自动化控制系统工程转变^[13]。热解是指在无氧或少氧条件下对固体废物进行加热蒸馏处理,使其转化为便于贮存和运输的燃料及化学产品,如对废旧塑料进行热解回收燃料油、可燃气或固态燃料,适用于有一定能量的有机固体废物。热解效率受物料特性、热解温度、加热速率、停留时间、反应器类型等因素影响^[14-15],目前已针对一些特定固体废物取得“固废微波热解处理处置关键技术及一体化装备”“放射性

废物热解焚烧技术”等可喜突破,形成了固定床热解法、流化床热解法、回转窑热解法等经典工艺^[16],但全面工业化应用还面临技术环节和经济效益的挑战。

填埋处理。固体废物处理残渣最终需通过海洋屏障(海洋倾倒、远洋焚烧等)或陆地屏障(土地填埋、深井灌注处置等)使有害物质最大限度与生物圈隔离。土地填埋具有工艺及管理简单、处置彻底等优势,但邻避效应和土地占用问题突出。人们普遍关注填埋场长期性能评价和寿命预测研究^[17],以及填埋场的渗滤液防治和生态修复技术^[18];未来填埋场建设将由传统的简易填埋场向集污染防渗隔离、填埋资源利用和生态修复等功能于一体的可持续型填埋场发展^[19]。

综合利用。固体废物资源化可通过两种途径实现,一种是在分选过程中进行有价材料回收,另一种是运用特殊技术装备制取新的物质,例如工业炉窑协同处置技术可借助工业窑炉生产过程的高温分解转化固体废物,包括水泥窑、电器燃煤锅炉协同处置技术等^[20],电镀污泥贵金属回收技术可从危险废物电镀污泥中通过特殊技术工艺提取制成电解铜、冰铜等原材料产品。

总体来看,我国固体废物利用处置技术已取得一定成效,特别是对于单一、特别固体废物利用处置技术装备取得积极进展。未来,固体废物利用处置技术的主要发展趋势包括:1)提高固体废物产生企业的就地利用处置能力;2)推动固体废物协同利用处置;3)实现高值化梯次利用及污染物高效控制。

2 固体废物利用处置行业发展现状

2.1 主要固体废物产生及利用处置情况

工业固体废物。工业固体废物在我国固体废物产出中占比最高,兼具高危害性和高价值性,一直是固体废物处理的重点领域。根据2016—2020年中国统计年鉴^[21]数据,“十三五”以来我国工业固体废物的产生及处理量总体呈上升趋势(图2)。2021年,全国一般工业固体废物产生量39.7亿吨,较2015年增长21.4%,主要源自电力和热力生产及供应业(21.9%)、黑色金属矿采选业(14.9%)、黑色金属冶炼和压延加工业(14.4%)、有色金属矿采选业(13%)、煤炭开采和洗选业(12.8%)5个行业^[22]。从实际利用处置情况来看,综合利用比重57%,其中上述5个行业综合利用量合计占比超80%;但较

2015年的60.8%有所下降,且对比美国、日本等发达国家90%以上还有较大提升空间。

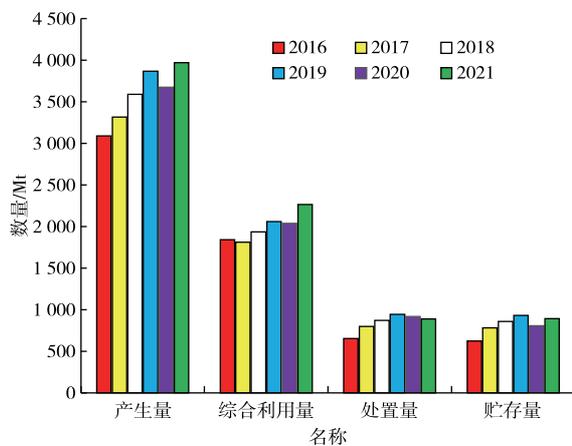


图2 2016—2021年我国工业固体废物产生及利用处置情况

Fig. 2 Production, utilization and disposal of industrial solid waste in China from 2016 to 2021

危险废物。危险废物包括工业危废、医疗危废和其他社会源危废等。“十三五”以来,危险废物产生量、处置量均保持较高速增长(图3)。2021年,全国危险废物产生量8653.6万吨,较2015年增长118%。2021年危险废物集中利用处置能力约1.7亿吨/年,利用能力和处置能力分别较2015年增长2.1倍、2.8倍,足以覆盖危险废物产量水平^[23];实际利用处置率达97.8%。受疫情等因素影响,2021年危险废物处理结构发生较大变化,年末贮存待处理缺口从2017年的870万吨增至1.2亿吨。国家“十四五”规划提出“以主要产业基地为重点布局危险废弃物集中利用处置设施”,将为危险废物利用处置带来更大发展机遇。

城市生活垃圾。“十三五”以来,我国城市生活垃圾总体呈波动上升趋势(图4)。2021年,我国城市生活垃圾产生量24869万吨,较2015年增长30%;其中,上海、北京、广州、重庆和深圳5个城市合计约占总量的20%。无害化处理厂1407座,日无害化处理能力达到105.7万吨,较2015年提升了83%。实际处理率达99.88%,较2015年提升了5.8个百分点,无害化处理能力已接近饱和;其中,卫生填埋、焚烧和堆肥等其他无害化处理比重分别为21%、72.6%和6.5%。近年来,得益于焚烧可发电入网并获得财政补贴,多地新增大量垃圾焚烧发

电项目,卫生填埋量增速持续放缓;2019年,焚烧处理量首次超过填埋,成为城市生活垃圾最主要的处理方式。“十四五”时期,随着“无废城市”建设加快推进,生活垃圾处置将进入以源头减量化和资源化利用为主的成熟阶段。

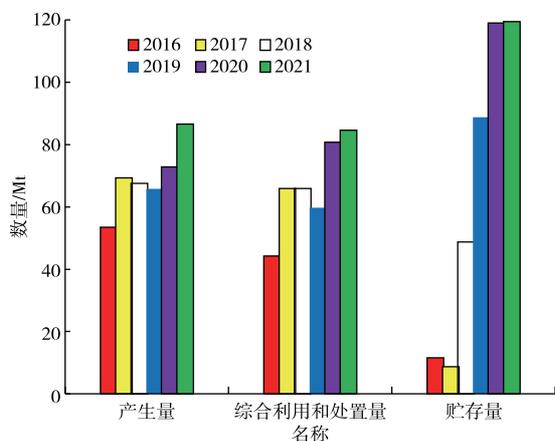


图3 2016—2021年我国危险废物产生及利用处置情况

Fig. 3 Production, utilization and disposal of hazardous wastes in China from 2016 to 2021

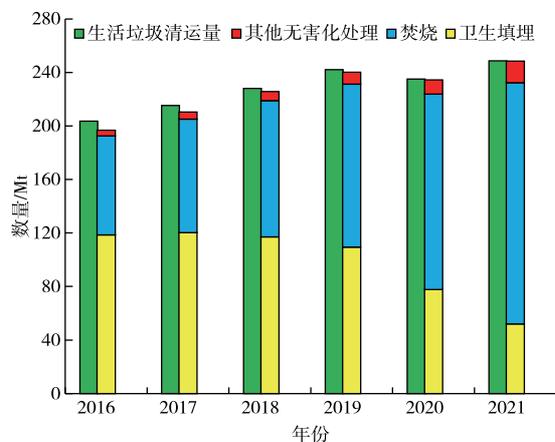


图4 2016—2021年我国城市生活垃圾产生及利用处置情况

Fig. 4 Generation, utilization and disposal of urban domestic waste in China from 2016 to 2021

建筑垃圾、农业固体废物等。我国建筑垃圾主要来源于建筑拆除、建筑施工和建筑装饰等。据测算,我国城市建筑垃圾存量超过200亿吨,年新增量超过20亿吨,已成为城市单一品种排放数量最大、最集中的固体废物^[24]。相较于居高不下的产生量,目前我国建筑垃圾资源利用量不足1亿吨,资源化

利用率低于40%,与欧美国家90%和日韩95%相比还有较大差距^[25]。根据《城乡建设领域碳达峰实施方案》等规划,到2030年,我国建筑垃圾资源化利用率将达到55%,提升我国建筑垃圾回收再利用水平刻不容缓。农业固体废物大多布局分散,主要包括农村生活垃圾、农业生产固体废物(农作物秸秆、废弃农药包装、农膜、畜禽粪便等)等,可通过堆肥、厌氧发酵、焚烧、填埋和回收等方式处置。据估算,我国农村生活垃圾年产生量达1.5亿吨,处理率仅50%;农业固体废物年产生量约50亿吨,仍有20亿吨处理缺口。

2.2 行业发展现状及趋势

从国际发展经验来看,固体废物处理行业一般会经历以垃圾收集为主的起步萌芽期、以无害化处理为主的快速发展期、以减量化处理为主的规范发展期、以资源化为主的成熟期4个阶段^[26]。发达国家大多已进入成熟期,而我国固体废物总量还保持较快增长,资源化利用程度还不高,行业总体上仍处于规范发展期。

从商业模式来看。一种盈利模式是通过固体废物利用处置企业向上游企业付费回收固体废物,并将其中具有再利用价值的物质转化为资源化产品后进行销售,另一种是固体废物处理企业向固体废物产生者收取处理费用,对其进行焚烧、填埋等减量化、无害化处置。“十三五”以来,固体废物处置一直是我国环保产业投资热点领域,工业固体废物治理投资增速明显加快,尤其是2016年完成投资46.67亿元,达到近10年来峰值。2020年,该领域企业营业收入和营业利润分别为8054.7亿元、862亿元,分别同比增长11.6%、15.3%,盈利能力高于环保领域平均水平^[22]。

从行业参与情况来看。“十三五”以来,我国固体废物行业企业数量大幅增长;截至2020年底,我国固体废物处置领域企业共2313家,较上年增加821家。按照产业链划分,上游领域主要提供固体废物转运及处理设备,代表企业包括东风、解放、华冠科技、绿景环保等;中游领域主要从事各类固体废物处理,包括光大环境、绿色动力、瀚蓝环境、海螺创业等;下游领域则主要对固体废物处理过程中产生的废物进行末端处理,主要代表企业如天泽环保、无锡科熔、中科国润等。

从利用处置细分领域来看。焚烧方面,2020年,我国垃圾焚烧率为55.8%,已与德国、荷兰等发达国家水平相当,产能建设趋于饱和;2021年,伴随

焚烧发电新增项目国家补贴开始退坡,日新增焚烧产能5.35万吨,同比减少63.4%。填埋方面,过去5年我国城市生活垃圾填埋率年均降幅超过7%,且根据相关规划,“到2023年,基本实现生活垃圾零填埋”^[27],我国将严格限制新建产能建设,尤其是老旧卫生填埋场。综合利用方面,近年来水泥窑协同处置量持续上升,但增速逐渐放缓,2020年处置量约250万吨,占危险废物处置总量的20%;废旧电池回收领域,按照当前技术水平,我国第一批装机动力电池已全面进入退休期,并将持续保持高增长,预计2030年行业总规模将超过1000亿元^[28]。

3 存在的问题

3.1 固体废物消纳任务艰巨,处置能力待提升

我国固体废物堆存待处理总量达600~700亿吨,每年新增固体废物超过100亿吨,各地还普遍存在建筑垃圾、农业固体废物底数不清等情况,环境污染风险极大。同时,社会经济发展以及网购电商等新业态蓬勃涌现,不断带来退役光伏组件、快递外卖包装废弃物、污染治理副产物快速增长等新生问题。相形之下,我国固体废物利用处置技术工艺和处理设施整体支撑不足,如传统制造业绿色更新改造所需先进适用技术装备研发及转化滞后;城市垃圾分类收集、转运和处置技术体系不完善,危险废物减量化、资源化技术装备有待突破,工业固体废物综合利用模式较为单一粗放,规模化与高值化难以齐头并进;物联网等固体废物管理信息技术应用推广不足,精准化和智能化水平不高等。

3.2 法律法规体系不完善,全过程控制理念待强化

修订后的《固体废物污染环境防治法》进一步丰富和完善了我国固体废物管理的上位法依据,但配套法规和标准调整滞后,给落地执行带来困难。如部门和地方关于全过程污染环境防治责任制度、环境污染责任保险等规定的相关政策及实施细则亟待跟进;固体废物资源化综合利用标准体系建设短板突出,有色金属选冶等行业危险废物利用处置污染控制标准和技术规范严重不足等^[29]。同时,现行政策大多聚焦固体废物末端处置,源头减量化和过程控制关注不足,不利于实现全产业整体最优。如“无废城市”建设以来,为解决“垃圾围城”,多地大量上马垃圾焚烧项目“一烧了之”,但城市生活垃圾分类收运与再生资源回收利用“两网融合”却进展缓慢,资源综合回收利用率始终不高。

3.3 市场集中度较低,核心竞争力不足

我国固体废物利用处置行业企业数量较多,但超过90%为小微企业。尽管近年中石化、中国建筑等20余家中央企业及多家地方国企先后加入固体废物领域,地方政府也纷纷成立从事固体废物业务的环保平台企业,但总体上缺乏类似美国Waste Management、Waste Connections等具有全球影响力的龙头企业和品牌,技术实力及议价能力与国际领先国家有较大差距。以危险废物处理为例,我国行业CR10市场份额不足10%,而美国CR10市场份额达90%。“小散弱”厂商大多立足单一产业开展业务,常面临技术壁垒、资金壁垒、特许经营壁垒等问题难以突破;同时,由于综合利用产品附加值低、同质化严重,消纳途径有限,无序竞争问题时有发生。

3.4 联防联控机制尚未有效形成,固体废物利用处置重要性认识待提升

固体废物管理的部门、行业及地区交叉特点明显,需要各责任主体通力合作,但当前协同治理体系尚未有效形成。政府层面常见跨部门沟通合作不畅、跨地区联动协同不强现象,影响相关法律法规的实施效果,如涉及环保、公安、交通等多部门的固体废物跨省倾倒、填埋现象仍大量存在。企业层面由于长期秉持经济效益为主的发展理念,部分企业落实治污主体责任的积极性不足,源头减量化和资源化意识淡薄,固体废物增量难以控制。此外,简约适度、绿色低碳的生活模式尚未形成,奢侈浪费、过度消费等行为依然突出,生活垃圾分类工作仍处于起步阶段,难以实行深度处理。

4 对策建议

4.1 完善法律标准体系,增强“三化”建设法治保障

按照减量化、资源化、无害化原则,统筹推进法律法规标准体系建设,包括加快建立生产者责任延伸制度、固体废物强制回收利用制度框架,尽快制定出台强制回收产品和包装物名录,及时制定修订固体废物鉴别、综合利用、产品包装和设计制造标准等,做到环环相扣、上下衔接。加强规划引领,在摸清底数基础上,统筹规划建设相适应的减量及利用处置体系;针对退役动力电池等新兴固体废物,提前谋划全生命绿色周期管理。加强监管执法力度,重点加强企业生产及固体废物回收、利用、处置等环节执法检查,探索建立各部门及区域统一联动协作执法机制,依法严厉打击非法收运、转移、倾倒、处置固

体废物行为。

4.2 强化科技创新支撑, 补齐利用处置能力建设短板

坚持问题导向, 围绕传统产业升级改造、固体废物有价值组分提取利用、再生资源循环利用等关键环节和重点领域开展关键核心技术攻关, 推进共性技术平台建设, 加快科技成果转移转化。推动磷化工、有色金属冶炼、氧化铝等重点产废行业企业生产工艺无废改造, 如原料优化、梯次利用、就地处置等, 实现源头减量减害和高质量循环利用; 突破多源复杂固体废物协同利用和尾矿、冶金渣、粉煤灰等大宗工业固体废物综合利用重大技术装备, 并拓宽在建材、路基材料等方面的消纳渠道, 提升规模化利用水平; 推动构建生活垃圾全生命周期分类处理技术装备支撑体系, 解决垃圾围城、焚烧产生飞灰等问题。此外, 积极应用 5G、AI、云计算、区块链等新一代信息技术, 加快全国固体废物管理信息系统建设, 实现固体废物全流程智能化管理。

4.3 营造良好营商环境, 推进产业化规模化进程

统筹优化固体废物产业整体布局, 鼓励企业按需拓展业务边界、延伸产业链条, 横向覆盖不同固体废物处理细分领域, 纵向推动固体废物从产生到最终处置的全流程管理。加大资金投入和财税政策支持力度, 鼓励引导社会资本参与固体废物利用处置, 保障各级技改及各环节固体废物综合利用的资金需求; 同时, 扶持培育一批技术含量高、经济效益好的龙头骨干企业, 引领带动上下游企业实现规模化集聚化发展, 提升产业整体竞争力。还要严格市场准入标准、规范市场行为, 并对从业单位实行动态监督, 加强对经营许可证、排污标准、信息披露等方面的合规管理。

4.4 强化引导提高认识, 构建齐抓共管协同共治格局

探索多主体协同治理的有效措施, 充分发挥政府引导、媒体宣传以及民众监督三位一体综合效能。政府主管部门及行业协会发挥好行业引导作用, 强化产废企业主体责任和固体废物利用处置意识, 指导企业制定固体废物利用处置专项规划, 提高管理前瞻性。新闻媒体发挥好宣传作用, 利用广播、电视、网络等载体, 聚焦正面典型开展经验总结推广, 以点带面发挥先进示范引领作用; 同时加大环保理念宣传力度, 着力提升公众环境保护意识, 引导理性消费、绿色生活, 加快养成垃圾分类、废物利用等良好习惯。进一步强化社会监督, 扎实推进产废及治

污等信息公开工作, 及时通报曝光违法违规典型案例, 引导公众积极参与监督, 推动固体废物共治共享。

5 结束语

经过多年探索实践, 我国固体废物利用处置工作克服研究起步较晚、实践经验不足等不利影响, 在管理体系建设、技术创新转化、产业生态培育等方面取得积极进展。但相较于巨大的产生量和积存量, 我国固体废物污染治理仍面临严峻形势, 固体废物利用处置仍有广阔市场空间。立足全面贯彻落实党的二十大精神开局之年, 进一步增强法治保障、强化科技创新支撑、提升产业化规模化水平、构建共治共享格局, 将是固体废物利用处置工作的重点。

参考文献

- [1] 赵慈, 宋晓聪, 矫云阳, 等. 我国固体废物污染防治战略路径研析[J]. 环境保护, 2021, 49(24): 52-55.
ZHAO C, SONG X C, JIAO Y Y, et al. Research on the strategy path of solid waste pollution prevention and control in China[J]. Environmental Protection, 2021, 49(24): 52-55.
- [2] 王海北, 邹小平, 谢铿, 等. 典型固废资源化与无害化处置技术[J]. 有色金属(冶炼部分), 2022(9): 1-8.
WANG H B, ZOU X P, XIE K, et al. Technologies of recycling and harmless treatment for typical solid wastes[J]. Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy), 2022(9): 1-8.
- [3] 张增强. 固体废弃物的资源化处理[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2020.
ZHANG Z Q. Recycling treatment of solid waste[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2020.
- [4] 李干杰. 开展“无废城市”建设试点 提高固体废物资源化利用水平[J]. 中华环境, 2019(2): 13-14.
LI G J. Carry out the pilot project of “waste free city” construction to improve the level of solid waste recycling[J]. China Environment, 2019(2): 13-14.
- [5] 杜祥琬, 钱易, 陈勇, 等. 我国固体废物分类资源化利用战略研究[J]. 中国工程科学, 2017, 19(4): 27-32.
DU X W, QIAN Y, CHEN Y et al. A study on the classification and resource utilization of solid waste in China[J]. Strategic Study of Academy of Engineering, 2017, 19(4): 27-32.
- [6] 全国人民代表大会常务委员会执法检查组关于检查《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》实施情况的报告[EB/OL]. [2023-03-01]. <http://www.npc.gov>.

- cn/npc/c30834/202110/20dcb8233e69453a988eb86a281a2db1.shtml,2021-10-15.
- Report of the Law Enforcement Inspection Team of the Standing Committee of the National People's Congress on the inspection of the implementation of the Law of the People's Republic of China on the Prevention and Control of Environmental Pollution by Solid Waste [EB/OL]. [2023-03-01]. <http://www.npc.gov.cn/npc/c30834/202110/20dcb8233e69453a988eb86a281a2db1.shtml>,2021-10-15.
- [7] 国务院关于研究处理全国人大常委会固体废物污染环境防治法执法检查报告及审议意见情况的报告[EB/OL]. [2023-03-01]. <http://www.npc.gov.cn/npc/c30834/202206/36c831fd5f524a828411ca033426ef20.shtml>,2022-6-22.
- Report of the State Council on the study and treatment of the inspection report on the Law Enforcement of the Standing Committee of the National People's Congress on the Prevention and Control of Environmental Pollution by Solid Waste and the review opinions [EB/OL]. [2023-03-01]. <http://www.npc.gov.cn/npc/c30834/202206/36c831fd5f524a828411ca033426ef20.shtml>,2022-6-22.
- [8] 徐鹏翔,王越,杨军香,等. 好氧堆肥中通风工艺与参数研究进展[J]. 农业环境科学学报,2018,37(11):2403-2408.
- XU P X, WANG Y, YANG J X, et al. Advances in ventilation systems and parameter choices during aerobic composting[J]. *Journal of Agro-Environment Science*,2018,37(11):2403-2408.
- [9] AWASTHI S K, LIU T, AWASTHI M K, et al. Evaluation of biochar amendment on heavy metal resistant bacteria abundance in biosolids compost[J]. *Bioresource Technology*, 2020, 306: 123114. DOI: 10.1016/j.biortech.2020.123114.
- [10] LI L, YUAN S J, CAI C, et al. Developing "precise-acting" strategies for improving anaerobic methanogenesis of organic waste: insights from the electron transfer system of syntrophic partners [J]. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 2022, 16(6):91-94.
- [11] HAN L J, LI J S, XUE Q, et al. Bacterial-induced mineralization (BIM) for soil solidification and heavy metal stabilization: a critical review[J]. *Science of the Total Environment*, 2020, 746: 140967. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140967.
- [12] 李娟,郑海涛,李金香,等. 基于生命周期评价的城市生活垃圾焚烧过程环境影响研究[J]. 环境污染与防治, 2022,44(9):1209-1215.
- LI J, ZHEGN H T, LI J X, et al. Research on environment impact of municipal domestic waste incineration process based on life cycle assessment[J]. *Environmental Pollution and Control*, 2022, 44(9):1209-1215.
- [13] 张亚. 垃圾焚烧发电自动控制系统的研究与实现[J]. 电子乐园,2022(9):1673-4653.
- ZHANG Y. Research and implementation of automatic control system for garbage incineration power generation [J]. *Electronic Paradise*, 2022(9):1673-4653.
- [14] YE H D, LI Q, YU H D, et al. Pyrolysis behaviors and residue properties of iron-rich rolling sludge form steel smelting[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19: 2152. DOI: 10.3390/ijerph19042152.
- [15] 柳培文,徐小刚,吴玥. 催化剂对废轮胎热解特性影响研究[J]. 环境卫生工程,2020,28(6):66-70.
- LIU P W, XU X G, WU Y. Study on the effect of catalyst on pyrolysis characteristics of waste tire[J]. *Environmental Sanitation Engineering*, 2020, 28(6):66-70.
- [16] 张浩. 有机固体废弃物热解行为研究[D]. 北京:北京化工大学,2022.
- ZHANG H. Study on pyrolysis behavior of organic solid wastes[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology,2022.
- [17] 徐亚,孙淑娜,王琪,等. 固废填埋长期环境安全和寿命预测研究综述[J]. 中国环境科学,2022,42(4):1954-1962.
- XU Y, SUN S N, WANG Q, et al. Research status and prospect of long-term environmental safety and life prediction of solid waste landfill[J]. *China Environmental Science*,2022,42(4):1954-1962.
- [18] 刘彦君,杨惠媛,刘宏,等. 生活垃圾填埋场覆盖膜破损及其环境影响[J]. 中国环境检测,2022,38(3):170-174.
- LIU Y J, YANG H Y, LIU H, et al. Leakages of cover film in domestic waste landfill and its environmental impact[J]. *Environmental Monitoring in China*, 2022, 38(3):170-174.
- [19] 吴小雯,王丰,李洵,等. 多功能区固废填埋场建设案例分析[J]. 环境卫生工程,2021,29(4):104-110.
- WANG X W, WANG F, LI X, et al. Case analysis on solid waste landfill construction on multifunctional area[J]. *Environmental Sanitation Engineering*, 2021, 29(4):104-110.
- [20] 王建斌,陈云,王可华,等. 工业窑炉协同处置固体废物研究进展[J]. 化工进展,2022,41(3):1494-1502.

- WANG J B, CHEN Y, WANG K H, et al. Co-processing of solid waste in industrial kilns; a review[J]. Chemical Industry and Engineering Progress, 2022, 41(3):1494-1502.
- [21] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016—2022.
National Bureau of Statistics. China statistical yearbook; [M]. Beijing: China Statistics Press, 2016—2022.
- [22] 生态环境部. 2021年中国生态环境统计年报[R]. 北京: 生态环境部, 2023.
Ministry of Ecology and Environment. 2021 China ecological environment statistical annual report [R]. Beijing: Ministry 2016-2022 of Ecology and Environment, 2023.
- [23] 生态环境部. 2021年中国生态环境状况公报[R]. 北京: 生态环境部, 2022.
Ministry of Ecology and Environment. 2021 China ecological environment bulletin [R]. Beijing: Ministry of Ecology and Environment, 2022.
- [24] 我国建筑垃圾产量日趋严重但资源化利用率不高 专家建议建筑垃圾资源化利用亟须专项立法 [EB/OL]. [2023-03-01]. <http://www.npc.gov.cn/npc/c30834/202009/b6685c3a43a74ce99433cbfb5a020f05.shtml>, 2020-09-24.
China's construction waste production is becoming increasingly serious, but the resource utilization rate is not high. Experts suggest that special legislation is urgently needed for the resource utilization of construction waste [EB/OL]. [2023-03-01]. <http://www.npc.gov.cn/npc/c30834/202009/b6685c3a43a74ce99433cbfb5a020f05.shtml>, 2020-09-24.
- [25] 生态环境部. 全文实录-固体废物污染环境防治法执法检查报告专题询问 [EB/OL]. [2023-03-01]. https://www.mee.gov.cn/ywdt/zbft/202110/t20211026_957780.shtml, 2021-10-25.
Ministry of Ecology and Environment. Special inquiry on the inspection report on the enforcement of the Law on the Prevention and Control of Environmental Pollution by Solid Waste [EB/OL]. [2023-03-01]. https://www.mee.gov.cn/ywdt/zbft/202110/t20211026_957780.shtml, 2021-10-25.
- [26] 人民资讯. 我国固体废物处置行业将整体进入成熟期 [EB/OL]. [2023-03-01]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1699974557676887478&wfr=spider&for=pc>, 2021-5-17.
People's Information. China's solid waste disposal industry will enter a mature period as a whole [EB/OL]. [2023-03-01]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1699974557676887478&wfr=spider&for=pc>, 2021-5-17.
- [27] 国家发展改革委员会. 城镇生活垃圾分类和处理设施补短板弱项实施方案 [EB/OL]. [2023-03-01]. <http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-08/08/5533296/files/9812d6d995ad4680ba83434f1fc20350.pdf>, 2020-8-8.
National Development and Reform Commission. Implementation plan for shortcomings and weaknesses of urban domestic waste classification and treatment facilities [EB/OL]. [2023-03-01]. <http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-08/08/5533296/files/9812d6d995ad4680ba83434f1fc20350.pdf>, 2020-8-8.
- [28] 牟思宇, 谢宇斌. 我国废旧动力电池回收利用的发展现状、存在问题及对策建议 [J]. 有色金属工程, 2022, 12(12):153-158.
MOU S Y, XIE Y B. Current status, existing problems and development suggestions for recycling and utilization of waste power batteries [J]. Nonferrous Metals Engineering, 2022, 12(12):153-158.
- [29] 中国标准化研究院资源与环境分院. 工业固体废物综合利用亟需标准规范和支撑 [J]. 江西建材, 2022(1):249-250.
China National Institute of Standardization Resources and Environment Branch. Comprehensive utilization of industrial solid waste urgently needs standards to regulate and support [J]. Jiangxi Building Materials, 2022(1):249-250.