

如何破解上海生活垃圾末端处理 与源头分类不匹配难题

魏陆 张瀚舟 罗楠 朱菲菲 寇书萌¹

上海居民生活垃圾分类实施满一年后，居住区垃圾分类达标率从 2018 年的 15% 提高到了 90%，四分类垃圾实现了“三增一减”（相比 2019 年同期，2020 年 6 月全市湿垃圾、可回收物、有害垃圾分别增长了 38.5%、71.1% 和 11.2 倍，干垃圾下降了 19.8%）。但随着前端干垃圾分出量的显著下降以及湿垃圾与可回收物分出量的大幅增加，末端焚烧设施能力或将过剩、湿垃圾与可回收物利用率不足的矛盾也逐渐显现。未来上海必须立足于垃圾四分类前提，统筹好前端分类、中端收运和末端处理三个环节，加强长三角生活垃圾治理区域协同，优化全流程分类体系。

一、干垃圾分出量大幅下降，末端焚烧设施能力或将过剩

2019 年上海干垃圾产生量 647 万吨，占生活垃圾总量的 60%，是上海生活垃圾最主要的组成部分。干垃圾热值较高，组分特征模糊，清运量最大，适宜于焚烧处理，由此推动形成了本市以焚烧为主的干垃圾处理方式。

目前上海共建成以国有企业运营为主的生活垃圾焚烧厂 9 座，年焚烧能力折合约 704 万吨（如表 1），2019 年上海共处理生活垃圾约 1038 万吨，其中采用焚烧方式进行处理的生活垃圾共 407 万吨，占比达 39%，以干垃圾为主的焚烧方式对全市生活垃圾处理起到了托底作用。

表 1 上海已建生活垃圾焚烧能力

项目名称	运营主体	能力（吨/日）
嘉定区再生能源利用中心工程	上海嘉定再生能源有限公司	1500
上海天马生活垃圾末端处置综合利用中心	上海天马再生能源有限公司	2000
金山生活垃圾焚烧发电厂	上海金山环境再生能源有限公司	800
上海奉贤生活垃圾末端处置中心工程	上海东石塘再生能源有限公司	1000
上海老港再生能源利用中心项目	上海老港固废综合开发有限公司	9000
上海御桥生活垃圾焚烧厂	上海浦城热电能源有限公司	1000

¹作者简介：魏陆，上海市发展改革研究院副院长；张瀚舟，上海市发展改革研究院能源交通研究所所长；罗楠、朱菲菲、寇书萌，上海市发展改革研究院能源交通研究所。

黎明资源再利用中心项目	上海黎明资源再利用有限公司	2000
上海江桥生活垃圾焚烧厂	上海环城再生能源有限公司	1500
崇明固体废弃物处置综合利用中心	上海城投瀛洲生活垃圾处置有限公司	500
合计		19300

实施强制分类后，上海干垃圾分出量已从 2018 年 2.15 万吨/日降低到 2020 年 6 月的 1.55 万吨/日，垃圾焚烧能力对干垃圾分出量的覆盖率（焚烧能力/干垃圾分出量）已达 1.1 倍。干垃圾焚烧能力相对充足，但未来将面临两大难题：

一是随着分类质量的提升，每公斤干垃圾热值从分类前的 1600-1700 大卡上升到 2100 大卡，超过了大部分焚烧厂最大垃圾处理量的设计热值，为了防止焚烧炉温度过热，不得不控制进炉垃圾量，由此相对降低了焚烧厂的设施利用率，未来部分焚烧设施必须进行技改升级。

二是在现阶段湿垃圾、可回收物处理体系尚未完全理顺的情况下，焚烧厂仍承担着部分湿垃圾、可回收物的兜底处理工作，近年来在国家电价补贴、税收优惠政策的加持下，垃圾焚烧厂成为各路资本竞相追逐的热土，预计“十四五”期间上海新建焚烧设施能力约为 0.97 万吨/日（如表 2），焚烧总能力将达 2.9 万吨/日，将可以兜底处理全市约 88% 的生活垃圾，对干垃圾的覆盖率进一步提高到 1.5 倍¹²，垃圾焚烧设施能力扩张过快、过大的问题将会逐渐暴露。

表 2 “十四五”期间上海规划新建焚烧设施能力

序号	项目名称	规模/能力（吨/日）
1	浦东新区海滨资源再利用中心项目	3000
2	宝山再生能源利用中心项目	3000
3	固体废弃物处置综合利用中心二期	500
4	奉贤生活垃圾末端处置中心二期工程	1000
5	金山再生能源利用中心一期扩建	200
	金山再生能源利用中心二期	500
6	松江天马二期焚烧项目	1500

¹²1 “十四五”期间按服务人口 3000 万、人均垃圾量 1.1 千克/日、干垃圾占比 60%测算，全市生活垃圾产生总量将约达 3.3 万吨/日，干垃圾产生量将接近 2 万吨/日。

合计	9700
----	------

二、湿垃圾分出量增长迅速，末端处理设施建设面临困境

2019年上海湿垃圾产生量283万吨（含餐厨垃圾），占生活垃圾总量的26%。湿垃圾热值低，易污染其他垃圾，是垃圾分类的重中之重。同时，湿垃圾中有机物含量高、易腐易烂，适宜于制沼发电和堆肥，以资源化利用为主。

目前上海已建成湿垃圾处理能力5050吨/日（折合约184万吨/年），主要有集中处理和就地处理两种方式，其中就地利用能力为2530吨/日。集中处理主要采用厌氧发酵工艺，在无氧条件下分解有机物制沼，最终转化为电能和沼气；就地处理主要采用耗氧堆肥工艺，产出的有机肥、土壤改良剂等直接用于小区园林绿化。

目前湿垃圾分出量已从2018年的3948吨/日提升到2020年6月的9632吨/日，实际资源化利用量为5258吨/日，末端资源化能力对前端分出量的覆盖率（处理能力/分出量）为56%，实际资源化利用率（资源化利用量/分出量）仅为55%。

虽然湿垃圾处理设施面临较大缺口，但建设面临诸多难点。湿垃圾处理主要有耗氧堆肥、厌氧发酵和掺混焚烧三种方式，耗氧堆肥工艺相比传统化肥的生产成本更高，产品肥力更低，且成分更复杂，可能会影响食品安全；厌氧发酵工艺相比传统以焚烧为主的能源化利用方式，效率更低（1吨湿垃圾厌氧发酵可发电约150-250度，1吨混合垃圾焚烧可发电约400度），处理成本更高（厌氧发酵的吨成本约是焚烧的2-3倍）。

掺混焚烧简单便捷，但有悖于垃圾分类初衷。同时，湿垃圾处理设施的渗滤液、恶臭问题棘手，邻避效应突出，导致湿垃圾处理设施建设困难重重，建成规模相比《上海市绿化市容“十三五”规划》提出的目标（湿垃圾资源化利用总能力达7000吨/日）仍有较大差距。

三、可回收物前端分出量稳步增长，末端处理体系有待完善

2019年上海可回收物产生量为147万吨，在生活垃圾总量中占比为14%。可回收物中易于翻新、再利用价值高的组分较多，适宜于回收利用。当前本市可回收物主要依托资源综合利用企业实现资源化利用，本市共有资源综合利用企业96家，产品产值55亿元，年利用固体废弃物1013万吨（含工业固废、建筑垃圾、生活废弃物等）。

目前上海可回收物的分出量已从2018年的761吨/日提高到2020年6月的6814吨/日，已建成可回收物两网融合服务点1.5万余个，中转站201个，分拣场10座，可回收物“点站场”三级网络基本覆盖全市居民小区，提前完成《上海市生活垃圾全程分类体系建设行动计划（2018-2020年）》提出的回收网点建设目标。

但相比之下，可回收物的末端处理体系建设较为落后，2019年上海回收利用量仅有101万吨，整体利用率（回收利用量/产出量）尚不足70%，玻璃、电池、灯管、泡沫、纺织品、木料等废弃物的回收率仅20%左右。

受制于可回收物回收规模有限，加之上海土地资源稀缺、劳动力成本高企、下游配套产业单一等因素，上海资源利用产业整体规模水平也相对偏低（上海生活垃圾产生量在全国占比4%，但资源利用产业市场规模在全国占比仅为1%）。

此外，2019年上海有害垃圾分出量约200吨，仅占生活垃圾总量的0.002%。有害垃圾主要由各区按照危废品委托有资质的专业企业进行清运和处理（主要以填埋为主），目前本市共有13家危废集中焚烧和填埋处置单位，总核准危废经营规模34.99

万吨/年（约 958.6 吨/日，含工业危废、医疗危废）。考虑到有害垃圾规模较小、可与其他危废协同处理、路径较为成熟等因素，本研究重点聚焦其他三类垃圾。

四、末端与前端不匹配将阻碍上海资源回收利用率、原生垃圾零填埋等目标的实现

生活垃圾的回收利用主要依靠湿垃圾和可回收物实现，上海 2019 年资源化利用率为 29%（餐厨垃圾、湿垃圾、可回收物、废弃油脂资源化利用量/生活垃圾处理总量），不仅距离国家提出的 2020 年回收利用率达到 35% 以上的要求仍有差距，而且低于部分国内城市的回收利用率水平（广州 2019 年生活垃圾回收利用率已达 36%，深圳为 33%，浙江提出 2020 年城乡生活垃圾回收利用率要超过 45%）。

随着上海垃圾分类工作的进一步精细化，末端处理与前端源头分类不匹配问题将愈发突出。在湿垃圾和可回收物缺乏出路的背景下，部分被作为混合垃圾流入了填埋场，由此产生的结果是上海虽早在“十五”计划就提出到 2010 年实现“原生垃圾零填埋”的目标，但至 2019 年仍有 31% 的生活垃圾需要依靠填埋场进行处理。

进一步讲，未来若放任焚烧厂进入设施能力过剩状态，为了保证“喂饱”部分焚烧厂，势必会掺烧一部分湿垃圾和可回收物，将挤压湿垃圾和可回收物末端处理设施的建设空间，致使其末端处理短板难以得到弥补，生活垃圾末端处理体系最终将难以逃出“依赖焚烧-减少资源利用-填埋场兜底”的恶性循环，并且未来若只靠焚烧厂兜底湿垃圾、可回收物的末端处理，则有悖大力推行垃圾分类工作的初衷。

五、前端分类、中端收运和末端处理多环节统筹，优化全流程分类体系

随着垃圾分类的主要矛盾从前端转向末端，末端处理体系建设应成为上海“十四五”继续推进垃圾分类工作的主攻方向。在当前既定四分类前提下，应统筹推进干湿垃圾处理设施，以中端收运为桥梁多元协调可回收物前端分类和末端体系，加强长三角生活垃圾治理区域协同，切实解决当下暴露出的末端能力不协调、体系不灵活等问题，尽快建成一套“前”“后”匹配、多元平衡、区域协同的全流程分类体系。

1、统筹推进建设干垃圾和湿垃圾处理设施

快速扩张焚烧能力短期内虽可以兜底生活垃圾处理、缓解湿垃圾处理难的问题，但长远来看将阻碍推进湿垃圾处理设施的建设，最终使得垃圾分类体系功亏一篑。

在当前湿垃圾处理工艺仍在持续优化、生活垃圾产生总量仍有不确定因素的前提下，建议审慎扩张干湿垃圾（尤其是干垃圾）集中处理设施，优先实施对老旧设施的提标升级，推动现存焚烧场通过改造受热面、更新烟气处理设备等措施，相对增加已有设施的处理能力，以适应焚烧垃圾热值提高的新形势。

同时，考虑到干、湿垃圾的末端处理存在协同效应和替代效应，如干垃圾焚烧的余热可以为湿垃圾发酵提供蒸汽，湿垃圾发酵后的沼渣可以就近送到焚烧厂，干、湿垃圾设施可以共享供水、供电服务和渗滤液处理设备等，建议协同推动新增干、湿垃圾处理设施集中入园（循环经济产业园），统筹考虑两者处理能力的平衡。

2、多元协调可回收物前端分类和末端利用的关系

前端垃圾分类没能分出后端需要的资源，是当前可回收物回收利用率偏低的主要原因之一。应从中端收运体系建设入手，从上海快消、快递网点密集的实际出发，结合上海生产制造企业的特征，以中端收运为桥梁来提升前端分类和末端资源化利用

的匹配度，构建具有上海特色的回收路径：

一是末端反哺中端，鼓励企业（尤其是饮料厂、包装物制造厂、造纸厂、纺织厂等，在用户端布局较少但资源循环利用空间较大的生产商）充分利用既有环卫体系，通过给予参与二次分拣的居民、值守志愿者适当的经济激励，构建利益共享机制，激励相关方参与二次分拣和回收，发动群众参与分拣出其需要的回收物种类。

二是多元化中端布局，构建与环卫体系并轨的第三方回收网络，将超市、便利店、快递企业以及代收点等直接面向居民的商业网点纳入回收体系，同时鼓励企业出台面向消费者的积分制度、以旧换新活动，以激发消费者主动参与回收的积极性。

三是用制度巩固效果，可率先对包装材料制造商推出生产者责任延伸制度，明确生产厂商的资源回收比例、循环利用比例；同时可对啤酒瓶、易拉罐、纸箱等包装材料推出押金制度，要求消费者购买含此类可回收物的商品时须额外支付一笔押金，当其向便利店、商超或固定回收点退回啤酒瓶、易拉罐、纸箱时，可以返还这笔押金（具体如图 1 所示）。

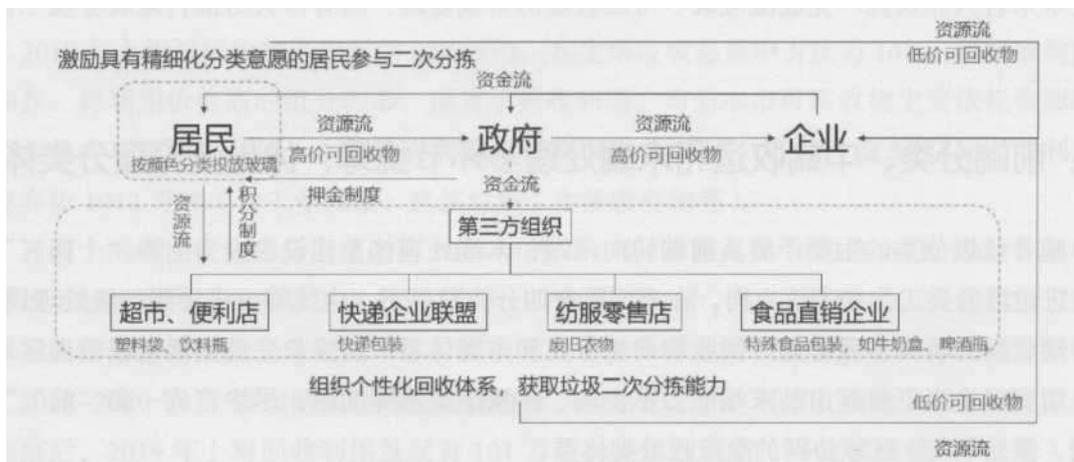


图 1 构建具有“上海特色”的资源回收利用体系

3、实现长三角生活垃圾治理区域协同和共保联治

区域协同治理既可以破解省市交界处的“三不管”问题，也可以突破困扰单一行政区域污染治理缺乏规模效应的困境，是解决诸多环境问题的一剂良方。

在跨区域非法倾倒频现、缺乏监管抓手的背景下，率先启动建设生活垃圾跨区域转运集散点，争取建设长三角固废跨区域转移信息平台，推进固废跨区域转移、处置的全过程监控和信息化追溯，以便三省一市相关部门对生活垃圾的跨区域运输、处理进行统筹规划、协同监管、统一调度。

为突破三省一市交界处垃圾处理的规模效应问题，探索建设跨区域共享的生活垃圾集中处理设施，如焚烧厂和湿垃圾处理设施，以解决部分区域（尤其是农村地区）由于生活垃圾规模过小而无法独立建成集中处理设施的问题。

考虑到三省一市在资源利用下游产业布局上具有极强的互补性，如造纸、印染企业多聚集于江浙地区，汽车、钢铁、电子制造产业是上海的重点产业，应鼓励和支持资源回收利用企业积极走出去，主动与长三角下游企业对接，推动资源回收利用形成区域闭环，实现区域合作共赢。

同时提高政策协同,探索在长三角建立统一的押金制度,推动三省一市共享押金池子,实现押金的跨区域结算,以避免包装物集中涌入某个推行押金制度的城市;在生产者延伸责任制度出台后,鼓励长三角企业间跨区域流通配额,寻求区域处理能力的最优配置,逐步构建促进长三角资源循环利用的区域垃圾治理新格局。