

加快推进生活垃圾分类资源化体系建设



学术召集人

袁增伟

南京大学环境学院教授、博士生导师
国家杰出青年科学基金获得者
南京大学（溧水）生态环境研究院院长
Resources, Environment and Sustainability 创刊主编
南京市物质循环与资源环境工程研究中心主任

主要从事物质循环及其环境效应研究，在 *PNAS*、*ES&T*、*BIOSOURC TECHNO* 等 SCI 收录期刊发表学术论文 86 篇，出版专著 / 教材 8 部，授权国家发明专利 9 项、PCT 专利 1 项。获 2021 年度江苏省教学成果一等奖、2010 年度江苏省科学技术进步二等奖、2009 年度教育部科技进步二等奖各 1 项。兼任中国环境科学学会生态产业分会副主任委员、中国地理学会环境地理专业委员会副主任委员、中国地理学会湖泊与湿地分会副主任委员、中国自然资源学会资源流动与管理专业委员会副主任委员、中国生态学会城市生态专业委员会副主任委员、中国有色金属学会固废资源化专业委员会副主任委员。

垃圾分类和资源化利用是解决我国生活垃圾处理问题的根本途径。自 2015 年起，《生态文明体制改革总体方案》、中央财经领导小组第十四次会议、《生活垃圾分类制度实施方案》《“无废城市”建设试点工作方案》，以及修订后的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》提出并逐步推行生活垃圾分类制度，建立垃圾分类相关法律法规和标准体系，形成可复制、可推广的生活垃圾分类模式；同时，要求加快建立生活垃圾分类投放、分类收集、分类运输、分类处理的生活垃圾管理系统，实现生活垃圾分类制度有效覆盖。

自 2019 年起，各地生活垃圾管理条例纷纷出台并开始实施，我国垃圾分类和资源化利用制度日臻完善。在这个过程中，在垃圾分类行为、实践经验、效果评估等方面出现了一些值得研究的问题，为此，笔者会同《中国环境管理》编辑部策划了生活垃圾分类和资源化利用专题，以期从一个侧面反映我国垃圾分类和资源化利用的现状、问题和未来趋势。其中，杜欢政等聚焦上海垃圾分类先行先试试点经验和产生的问题，提出以构建闭环循环为核心理念，细化分拣门类、提升市场化机制、强化垃圾资源化技术研发、夯实制度保障机制、加大宣传引导等^[1]。李苏婉等通过大学生垃圾分类意愿机理模型，探究了环境认知、垃圾分类意愿、性别、设施与服务体系等影响高校亲环境行为的因素和作用机制^[2]。李长军等基于复旦大学意愿—习惯垃圾分类行为理论指导下的上海市大范围调研结果，识别出了社区内影响居民垃圾分类效果的关键指标，并提出了具体建议^[3]。

值得注意的是，随之而来的生活垃圾分类资源化利用问题也应被提上日程。如果分类后的生活垃圾不能有效地进行分类资源化利用，那前期的分类投放和收转运工作都将毫无意义。进一步地，未来随着分类资源化利

用工作的推进,分质资源化利用是必然趋势。参照《生活垃圾分类标志》(GB/T 19095—2019),生活垃圾可分为有害垃圾、可回收物、厨余垃圾和其他垃圾。从分类资源化角度,生活垃圾中的有害垃圾和其他垃圾,目前多是分类收运后进行安全处置。可回收物因具有较高的经济价值,在源头产生、投放、收运甚至处理全过程中都能够得到精细化分拣和市场化利用;最棘手的是易腐垃圾。

根据来源不同,易腐垃圾可分为两类,一是单位食堂、酒店、饭店等产生的餐厨垃圾,具有高水分、高盐分、高油脂、高蛋白的“四高”特征;二是农贸市场、农产品批发市场、居民家庭厨房等产生的厨余垃圾。实行生活垃圾分类制度之前,厨余垃圾往往混在其他生活垃圾中一起收运并进行焚烧或者填埋处理,而餐厨垃圾则主要流向个体作坊用作猪饲料或生物油原料,“泔水猪”“地沟油”等食品安全问题驱动了《关于加强地沟油整治和餐厨废弃物管理的意见》的出台,之后餐厨垃圾开始由城市管理部门或者委托的第三方公司专门收运处理,巨大的社会需求推动了餐厨垃圾资源化技术的快速发展。

根据技术原理不同,易腐垃圾资源化利用技术主要分为热处理(如焚烧、热解等)、微生物降解(包括好氧堆肥和厌氧发酵)、动物过腹转化等。热处理技术虽然能够实现快速减量化,但需消耗大量能源且易产生二次污染,在当今“双碳”目标约束下举步维艰。好氧堆肥可将厨余垃圾转化为有机质,但开放式堆肥过程的臭气排放以及设备化堆肥的高能耗都限制了堆肥技术的大规模推广,此外,因为餐厨垃圾好氧堆肥产品的盐分超标,长期施用容易引发土壤板结和盐渍化,所以好氧堆肥

不太适用于餐厨垃圾资源化利用。厌氧发酵制沼气技术的装备化和规模化水平较高,但该技术需要与沼气发电系统联用并配套沼气纯化、沼液沼渣分离、沼液处理、沼渣处理等工程,沼气质量较差、产量也不稳定,再加上沼气发电难以并入电网、并网电价与电网用电价格不一,往往造成沼气空排或空烧,由此引发的资源浪费和碳排放问题不容忽视。更为重要的是,餐厨垃圾中的盐分一方面会抑制厌氧发酵酶活性,另一方面会增加沼液沼渣处理难度,造成工程建设运维成本高、不得不靠政府补贴运营的局面。动物过腹转化技术利用黑水虻等将餐厨垃圾转化为生物蛋白和有机质,不但可以将盐分转移到昆虫体液中,而且可将大部分有机质转化为生物蛋白,更为重要的是该技术成本低且可以实现餐厨垃圾全量资源化利用,因此产业化潜力巨大。

总体而言,加快建立分类投放、分类收集、分类运输、分类处理的生活垃圾处理系统是我国未来一段时间内城镇环境基础设施建设的重点。从生活垃圾生命周期管理的角度看,首先是要强化生活垃圾分类和资源化利用宣传教育,倡导和培养绿色消费行为实现源头减量,这是解决生活垃圾问题的最有效手段。其次,针对我国各地生活垃圾产生特征、经济社会发展和环境治理水平等差异较大的现状,鼓励地方政府因地制宜探索形成适合本地生活垃圾产生特征和经济承受能力的生活垃圾分类处理系统至关重要,因此多种分类投放和收运模式共存、多种分类处理技术互补、多种分类处理工程运营机制共生将会是一种现实。最后,全量资源化、低碳环保化、装备智能化、产品高值化、模式商业化将成为生活垃圾分类资源技术发展的大趋势。■

参考文献

- [1] 杜欢政, 聂雨晴, 陆莎, 等. 上海垃圾分类资源化利用的现状、问题与实践路径 [J]. 中国环境管理, 2022, 14(2): 13-18.
- [2] 李苏婉, 杨加猛, 仇梦媛, 等. 高校亲环境行为的影响因素研究——基于大学生垃圾分类意愿视角 [J]. 中国环境管理, 2022, 14(2): 19-26.
- [3] 李长军, 边少卿, 薛云舒, 等. 上海市社区内影响居民垃圾分类效果的关键措施指标研究 [J]. 中国环境管理, 2022, 14(2): 27-33.