

城市管理

科技信息简报

2024 年第 5 期

广州市城市管理技术研究中心

2024 年 5 月 28 日

本期要目

- ◆ 浅谈我国生活垃圾塑料污染治理的对策建议
- ◆ 建筑垃圾再生流态回填材料的制备与应用
- ◆ 生活垃圾焚烧飞灰无害化处理及资源化利用研究
- ◆ 浅谈生活垃圾填埋场封场后的填埋气体安全管理问题
- ◆ 广州“花式”宣传推进垃圾分类工作
- ◆ 浙江破解海洋塑料污染治理难题
- ◆ “两网融合”资源回收事半功倍更便民

目 录

垃圾分类

- 广州“花式”宣传推进垃圾分类工作..... 1
- 上海着力打造湿垃圾分类品质智能监管体系..... 4

垃圾处理

- 浅谈我国生活垃圾塑料污染治理的对策建议..... 9
- 浙江破解海洋塑料污染治理难题..... 16

资源回收利用

- 建筑垃圾再生流态回填材料的制备与应用..... 21
- 生活垃圾焚烧飞灰无害化处理及资源化利用研究..... 26
- “两网融合”资源回收事半功倍更便民..... 32
- 宁波采用智慧一体化资源回收模式..... 37

研究动态

- 浅谈生活垃圾填埋场封场后的填埋气体安全管理问题.39

广州“花式”宣传推进垃圾分类工作

为进一步加大生活垃圾分类宣传力度，引导促进居民养成垃圾分类的良好生活习惯，增强群众垃圾分类意识，广州市通过召集“小小提案员”为分类工作提“金点子”、垃圾分类宣传“进校园”“进景区”等“线上+线下”多种形式，推动垃圾分类宣传工作，高质量掀起垃圾分类宣传热潮，共同守护绿美广州。

线上：“小小提案员”主题征文活动开启

为夯实儿童友好社区建设，充分发动青少年群体关注及参与垃圾分类，进一步推动垃圾分类成为低碳生活新风尚，近日由广州市城市管理与综合执法局主办，信息时报社、广州日报新花城 App、微社区 e 家通承办的“我为垃圾分类建言之‘小小提案员’主题征文活动”正式拉开帷幕。

活动邀请全市青少年儿童化身“小小提案员”，为进一步做好生活垃圾分类、促进资源循环利用等议题，献出童心视角“金点子”。通过此次活动，鼓励青少年儿童做垃圾分类习惯的践行者和倡导者，培养年轻群体关注生活垃圾分类的社会公共议题，承担社会责任，参与基层社会治理的城市主人翁意识，唤起全社会对生活垃圾分类工作的关注与热情。

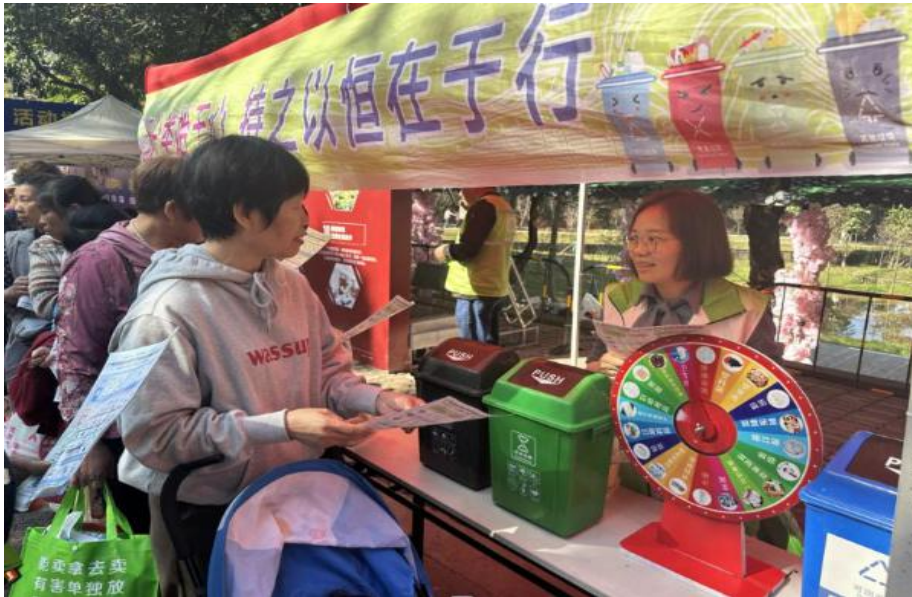
线下：垃圾分类宣传进校园、进景区

推进垃圾分类宣传，广州各区在行动。近日荔湾区在西湾社区红黄蓝幼儿园开展垃圾分类培训，向幼儿园师生讲解垃圾分类知识和政策法规，重点强调要寓教于乐、善于创新，让小朋友们从小养成垃圾分类的好习惯。

春日暖阳，在越秀区云山小学的校园里，一场别开生面的环保公益爱心义卖活动——“守护绿美云山，争做追‘锋’少年”在此拉开帷幕。此次活动围绕“绿美广东”和“垃圾分类”两大主题展开，全校师生热情参与，共同为守护绿色家园献上一份爱心。除了义卖活动，现场还设置了多个互动游戏环节，在轻松愉快的氛围中，同学们不仅学到了知识，还收获了快乐。



在广州南沙区，垃圾分类宣传则走进了旅游景区。在2024年南沙十八罗汉山樱花节期间，南沙区开展了主题为“垃圾分类始于心 持之以恒在于行”的垃圾分类宣传活动。同时，招募多名生活垃圾分类志愿者，设置分类摊位，向游客宣传垃圾分类知识。公园+科普、赏花+垃圾分类的有机融合，为垃圾分类宣传工作注入了新活力。南沙区大岗镇相关负责人表示：“将‘垃圾分类’带到旅游景区，游客既能欣赏满山樱花的华丽盛景，又能将垃圾分类知识牢记在心。”



此外，为充分发挥在职党员先锋模范作用，以党建带群建，汇聚新时代文明实践志愿服务力量共同助力从化生活垃圾分类，3月20日，从化区开展了“学雷锋·文明实践我行动”垃圾分类党群共建志愿服务活动，现场为超400名环卫工人、志愿者、社区代表等垃圾分类工作者提供免费健康检查、养生保健等志愿服务，给他们送去关怀和福利。



守护绿美广州，垃圾分类进行时。下一步，广州将坚持协同发力、共同缔造，强化党建引领，充分发挥志愿者作用，加强垃圾分类公益宣传和教育实践，形成人人动手、人人尽责、人人受益的良好局面。

（来源：广州市城市管理和综合执法局）

上海着力打造湿垃圾分类品质智能监管体系

“要运用大数据促进保障和改善民生”“用信息化手段更好感知社会态势、畅通沟通渠道、辅助决策施政、方便群众办事，做到心中有数”，习近平总书记提出的这些重要论

述，为数字城市的建设指明了方向、提供了根本遵循。一直以来，上海市高度重视数字化、信息化手段在生活垃圾全程分类体系建设中的重要作用，积极协同推进“一网统管”建设，打造“观全面、管到位、见实效”的环卫行业智能应用生态，形成市区贯通、互相赋能、集约共建、协同高效的全程分类监管体系。在全市上下的共同努力下，垃圾分类“上海模式”逐步稳固，分类意识深入人心，分类习惯普遍养成，“智慧环卫、科技赋能、数字转型”的愿景得以加快实现。

2023年11月，为深入贯彻落实习近平总书记关于垃圾分类工作的重要指示和给上海市虹口区嘉兴路街道垃圾分类志愿者的重要回信精神，上海市委办公厅、市政府办公厅联合印发了《上海市持续优化生活垃圾全程分类体系工作方案》。

根据《工作方案》要求，上海市资源利用和垃圾分类管理事务中心（以下简称“市分类中心”）在上海市绿化和市容管理局的指导下，推进在全市各区湿垃圾转运或处置设施的倾倒入口安装智能识别探头和智能监管系统，依托全市垃圾分类“一网统管”平台，实现湿垃圾分类品质自动抓拍、智能识别、源头溯源、督办整改、结案销项，形成全过程闭环监管体系。

一、主要规则

按照本市湿垃圾收运处物流安排，全市各区湿垃圾清运车辆进入的湿垃圾转运或处置设施的第一道倾倒入口，应全部

安装智能识别探头和智能监管系统，对湿垃圾清运车辆的倾倒作业进行全过程监管，并依托全市垃圾分类“一网统管”平台，智能识别湿垃圾分类品质异常事件，自动上传异常数据，各区及时整改并反馈问题，实现品质监控闭环管理，建立分类实效常态化智能监管机制。总体要求如下：

（一）实现全过程闭环监管

按照数据采集—智能判别—存储传输—市级审核—源头溯源—督办整改—事件结案管理全流程，实现湿垃圾分类品质智能识别、自动抓拍、自动上传、持续计算建模提升等功能，并依托“一网统管”平台需实现事件流转、整改、结案等闭环管理。

（二）实现全量数据可查可溯

覆盖全市所有湿垃圾车辆，抓拍车辆倾倒作业全过程。各区加强进场湿垃圾车辆管理，确保每辆车的倾倒作业抓拍数据与入场称重计量数据一一对应。各区科学合理划分湿垃圾车辆收运线路、作业范围或采用单车监控等技术手段，打通湿垃圾品质监控数据与源头收集、运输环节的衔接，实现问题溯源至街镇、社区，并作为该区域湿垃圾分类实效的重要体征纳入考核。

（三）实现事件智能预警闭环

对每1吨湿垃圾抓拍发现4个异物及以上的判定为异常事件。依据每辆湿垃圾车装载垃圾净重，以四舍五入为原则，按照3t、5t、8t等不同吨位等级，智能划定12个、20个、

32 个等不同档位含杂数限值，超过限值的清运车辆判定为问题异常。为了给智能监控系统的建模学习和精准提升预留空间，暂定最小可以准确识别湿垃圾中 5cm*5cm 大小的异物即符合要求。在准确识别异物的基础上，根据单车每月异常事件累计发生数，以及各区所有湿垃圾车辆的单日异常车次占比，分别划分黄色或红色预警处理机制，实行不同的整改反馈和闭环管理手段。

二、主要成效

（一）智能监管体系基本成型

按照全市湿垃圾物流流向，截至 2024 年 2 月底，全市在用的 22 个站点 87 套设备全部完成安装，安装率、接入率、打卡率均达到 100%，现有站点车辆抓拍率达到 80% 以上。各区持续关注智能监控系统的建设验收和运营管理要求，确保数据采集稳定性、照片品质高质化、AI 识别精准度。

（二）智能监控装备全面发力

全市锚定“2024 年一季度发挥预期效果”的总体要求，紧扣图片分辨率、光照流明度、快门速度、图像帧数率等技术指标，推动不同品牌、不同型号的智能监控设备达到“抓得住、看得见、辨得明”的统一影像质量。市管理部门加强分析研判，逐步优化完善分类品质应用规则，提升智能监控的科学合理性和可操作性。

（三）智能监控 AI 赋能凸显

根据前阶段徐浦、虎林两座市属中转设施、4个卸料口湿垃圾品质监控实际运行情况，通过强化AI人工智能培育，湿垃圾品质监控的车辆抓拍率由原先的71%提升至最高95%，异物准确识别率由原先的69%提升至最高95%，为全市实行湿垃圾分类品质人工智能监管打下了坚实基础。

下一步，上海市分类中心将继续优化完善分类品质应用规则，提升智能监管的科学合理性和可操作性，同时加大对云数据、区块链、人工智能、物联网等现代化信息技术的应用，进一步实现运行体征全面感知、趋势判断智能感应、条块资源统筹调度、人机结合协调统一的目标，为垃圾综合治理插上数据驱动、智能融合的“数智翅膀”。

（来源：垃圾去哪儿了APP）

浅谈我国生活垃圾塑料污染治理的对策建议

塑料制品是日常生活中的常见物，塑料废弃物是生活垃圾中的常见成分。塑料废弃物造成的污染严重影响生态环境，制约人类社会经济的发展，采取治理行动已是刻不容缓。本文以我国现行生活垃圾分类及塑料治理相关的政策文件为背景，研究我国生活垃圾中塑料废弃物治理的实践及存在问题，从塑料再利用、塑料回收、塑料重新定位和多样化的角度，提出减少生活垃圾中塑料废弃物的对策建议。

2024年世界地球日的主题为“全球战塑”，旨在通过开展全球塑料治理。我国于2019年在地级以上城市全面启动生活垃圾分类工作，通过完善生活垃圾分类体系，对推动我国塑料垃圾的减量和回收利用起到重要的作用。本文以我国现行生活垃圾分类及塑料治理相关的政策文件为背景，研究我国生活垃圾中塑料废弃物治理的实践及存在问题，提出未来治理的对策建议。

一、塑料治理政策文件

围绕生活垃圾中的塑料废弃物的源头减量和分类收集、回收、再利用，近年来，住建部和国家发改委等部门分别牵头印发的多项政策文件对推动生活垃圾中塑料废弃物的治理起到重要的作用，包括限制源头一次性塑料制品，鼓励“以竹代塑”产业体系，从源头减少塑料废弃物；支持塑料废弃

物分类、回收体系建设，提高塑料废弃物收集转运效率；建立与塑料废弃物前端分类相匹配的处理设施，推动塑料废弃物资源化利用。

表 1 近 5 年我国塑料废弃物治理部分政策文件

发布时间	主体单位	政策文件	主要内容
2019. 04	住建部等	《关于在全国地级及以上城市全面开展生活垃圾分类工作的通知》	加快提高与前端分类相匹配的处理能力，加快生活垃圾清运和再生资源回收利用体系建设
2020. 01	国家发改委等	《关于进一步加强塑料污染治理的意见》	到 2022 年，塑料废弃物资源化能源化利用比例大幅提升；到 2025 年，重点城市塑料垃圾填埋量大幅降低
2020. 07	国家发改委等	《关于扎实推进塑料污染治理工作的通知》	推动将分拣成本高、不宜资源化利用的低值塑料废弃物进入生活垃圾焚烧发电厂进行能源化利用，减少塑料垃圾的填埋量
2021. 05	住建部等	《“十四五”城镇生活垃圾分类和处理设施发展规划》	推动低值可回收物的回收和再生利用，推动建设可回收物资源化利用项目，提升可回收物资源化利用率
2021. 09	国家发改委等	《“十四五”塑料污染治理行动方案》	到 2025 年，地级及以上城市大幅提高塑料废弃物收集转运效率；全国城镇生活垃圾中塑料垃圾直接填埋量大幅减少
2022. 01	国家发改委等	《关于加快推进城镇环境基础设施建设的指导意见》	建设生活垃圾处理系统，加强可回收物设施建设，提高可回收物再生利用和资源化水平
2023. 10	国家发改委等	《加快“以竹代塑”发展三年行动计划》	到 2025 年，“以竹代塑”产业体系初步建立，重点产品市场占有率显著提高
2024. 02	国务院办公厅	《关于加快构建废弃物循环利用体系的意见》	在生活垃圾分类中不断提高废玻璃、低值废塑料等低值可回收物分类准确率。支持各地将低值可回收物回收利用工作纳入政府购买服务范围

二、塑料污染治理实践

通过开展塑料废弃物治理，我国生活垃圾中的塑料污染治理的政策体系不断完善，治理力度也越来越大。针对生活垃圾中塑料废弃物的再利用、回收和重新定位多样化产品，我国产生了众多实践案例。

（一）塑料再利用

塑料的再利用，主要是推广押金退还计划、包装回收计划等。塑料押金制适用于生活垃圾中具有较高价值的塑料可回收物的回收利用，尤其适用于食品和饮料包装物的社会化归集，可减少塑料包装废弃物进入生活垃圾分类体系，降低塑料回收环节的二次污染，提升塑料包装物的安全回收率，同时是生产者责任延伸制的重要体现。2016年，中国饮用水生产厂端的华润怡宝和销售端的北京物美商超、再生资源回收端的北京盈创合作，在物美联想桥店试水回收塑料空瓶返还“押金”活动，不过未形成可大范围复制、推广的模式，生产厂商回收责任的缺失，导致塑料瓶废弃后进入环境中，最终由环卫体系兜底处理。

在包装回收方面，快递行业塑料包装的回收利用是重要途径。根据相关的统计数据，一次性塑料的生产约占塑料的比例约为50%，其中，塑料包装所占比例达40%，而快递行业等产生的废弃塑料包装占塑料废物的比例约为47%。京东、天猫、顺丰和中国邮政等快递行业的头部企业都开展了相应的再利用工作，取得了较好的成效，如中国邮政开发出智能

身份锁和数字面单，利用 5G、物联网等技术支撑，设计的循环包装装配的带有电子墨水屏即数字面单的智能身份锁，包装用的文件袋可重复使用达千次以上，EF 瓦楞纸箱则可以重复使用 10 次以上。虽然快递包装行业在塑料包装的重复利用已进行多种创新和应用，但是快递行业占据大头的塑料包装来源于电商包装，电商的过度包装的现象仍然普遍，电商寄递所用的包装重复利用难度大。

（二）塑料回收

塑料回收，主要是回收生活垃圾中的塑料进行循环利用。根据国家发改委经济体制与管理研究所发布的《中国低值可回收物回收利用现状研究报告》，2021 年，我国各类低值可回收物回收率仅为 26.6%。为提高低值塑料的回收，美团外卖发起了“青山计划”，从源头推动塑料餐盒分类和回收。在末端回收利用方面，厦门市在海沧区规划建设了厦门低值可回收物分拣中心项目，该项目总占地约 5600 平方米，采用“智能化分选+人工质控+归类自动打包”的分选工艺，日分选低值塑料可回收物能力为 50 吨/天，是我国首座智能化低值可回收物分拣中心。目前，除厦门建立了专门以低值塑料废弃物回收为主的低值可回收物分拣设施，其他地区暂未建立相应的回收处理设施，低值塑料废弃物主要进入“其他垃圾”桶中，最终进入焚烧厂处置，未能实现回收利用。

存量垃圾中塑料废弃物的回收利用潜力巨大。自 1950 年以来，全球累计已产生超过 9×10^9 吨的废塑料，有 70% 被

填埋处理。赵由才等研究了填埋时间小于7年时，发现废旧塑料仍具有较高的资源属性，可在不产生二次污染的前提下无水清洗用于制聚乙烯、聚丙烯塑料合金颗粒，再通过接枝和偶联两种增容方法，与木纤维废物共混、热压制备新型增强塑木复合材料。塑料废弃物还可转化为化工原料三烯三苯替代石油资源，根据测算，分选回收一吨废塑料可生产乙烯、丙烯、丁烯、BTX（苯，甲苯，二甲苯）约0.9吨，实现产值约7000元左右，全生命周期可减少CO₂排放近10吨，减少烯苯等基础化工原料生产而消耗的石油资源约3吨。不过，由于存量塑料处置过程仍然面临二次污染的风险，现阶段资源化利用暂未形成规模化，存量塑料废弃物主要是采取焚烧处理的方式进行资源化利用。

（三）重新定位和多样化

重新定位和多样化，指用纸张或是可堆肥的材料等生产出替代塑料的产品减少塑料污染，包括包装纸、包装袋和外卖包装等。为实现塑料材质的替代，我国多地推广生物可降解塑料，如广东省、陕西省和江苏省等地区提出禁用不可降解的塑料包装袋，规范商超等场所以及外卖行业等塑料的使用；新疆对全区范围邮政快递网点塑料使用提出要求，到2025年底，邮政快递网点使用的包装袋、塑料胶带、一次性塑料编织袋等应是可降解的塑料。由于现有的环卫生活垃圾终端处理以焚烧为主，绝大多数可降解制品废弃后作为“其

他垃圾”，通过环卫清运系统进到焚烧设施，难以产生预期的环境效益。

“以竹代塑”是一项重要的替塑创新。根据竹子出材快、收缩量小、弹性和韧性强、种植方便、可自然降解等优点，成为塑料的重要替代品。2022年11月，中国政府同国际竹藤组织携手发起了“以竹代塑”倡议，增加绿色竹制产品在生活中用品、包装材料、建筑工程等的使用比例，如在生活中用品领域用竹材替代塑料生产购物袋和各类家具，可以从源头减少塑料废弃物的产生。然而，由于生产环节人力消耗大，人工成本高等影响从业人员的生产积极性，制约产业的发展。

三、对策建议

（一）扩大塑料再利用的范围

围绕包装回收计划、押金退还计划等，扩大塑料再利用的范围。通过加大可重复利用包装的使用场景和加快推广塑料饮料瓶押金制度，扩大快递包装行业、食品和饮料包装行业的塑料再利用的范围。在可重复利用包装方面，规范再利用快递包装生产和回收流程，引导寄递企业使用快递公司提供的符合可重复利用的快递包装；加强对可重复利用的快递包装的宣传工作，让消费者认可并支持使用可重复利用的包装；在收件层面的快递网点、社区、高校等增加可再利用包装回收点，使塑料包装通过消费端回流到快递企业再利用。塑料饮料瓶押金制方面，通过完善饮料容器等强制回收目

录，落实生产商经营品种范围内商品延伸责任；由食品、饮料生产厂商承担回收处理的主体责任，在产品的定价环节，明确产品价格与塑料饮料瓶回收押金；销售端、消费端和再生资源（环卫）回收端的企业配合生产商建立回收体系，销售端和消费端均应缴纳押金，待塑料饮料瓶回收后退回押金。

（二）完善末端回收利用设施

末端回收利用设施是决定前端分类收集的塑料废弃物实现再利用的关键环节。回收利用设施的建设往往需要较长的周期，先行规划有助于推动设施的建设工作顺利开展。结合生活垃圾分类体系的实际，主要是规划布局低值塑料废弃物分拣设施和存量塑料废弃物资源化利用设施，争取政府主管部门在项目用地、建设资金等方面给予相应的支持。在存量塑料废弃物资源化利用，依托国家重点研发计划，整合高校科研院所和企业的优势，突破关键技术，建设更多的示范项目，加快塑料废弃物资源化利用产业化步伐。

（三）加大替代产品支持力度

通过优化可生物降解塑料使用场景和扶持“以竹代塑”产业，加大塑料替代产品的支持力度。优化可生物降解塑料使用场景方面，结合我国生活垃圾终端以焚烧为主，填埋为辅的实际，逐渐减少生物可降解塑料在餐盒餐具、塑料杯、塑料袋、快递塑料包装等日用品领域的应用，优先将可降解塑料用于农、林、牧、渔等直接产生环境泄漏的使用场景。

在扶持“以竹代塑”产业方面，通过加大专项研发资金对“以竹代塑”相关课题的攻关，支持主要的竹产区根据当地产业布局完善全产业链条，降低生产企业的原料、物流等成本，使竹制品在市场上更具价格竞争力，有助于竹制品的推广应用。

（来源：厦门科技）

浙江破解海洋塑料污染治理难题

近期联合国环境规划署宣布，浙江“蓝色循环”海洋塑料废弃物治理项目荣获2023年联合国“地球卫士奖”。

“地球卫士奖”是联合国环保领域最高荣誉。从2005年开始，联合国环境规划署每年都会颁发一次“地球卫士奖”，表彰对环境产生变革性影响的政府、组织、个人等。浙江“蓝色循环”海洋塑料废弃物治理项目经过申报、论证和联合国专家组的实地考察，最终从全球2500个申报项目中脱颖而出，荣获联合国“地球卫士奖”，为全球海洋塑料废弃物的治理提供了中国方案。这也是浙江继“千村示范、万村整治”工程、支付宝“蚂蚁森林”项目之后，第三次获此殊荣。

一、“蓝色循环”项目

“蓝色循环”是浙江探索实施的一种“市场化垃圾收集—高值化资源利用—国际化认证增值”的可持续海洋塑料废弃物治理模式，破解了海洋塑料废弃物收集难度大、处置成本高、回收利用率低等难题。

2020年，该项目由浙江省生态环境厅、台州市和浙江蓝景科技有限公司共同打造，在台州试行。目前已经在台州、舟山、宁波等浙江沿海城市建立“海洋云仓”“小蓝之家”等一线海洋废弃物收集点位80个，覆盖10000多艘海洋渔船、商船和部分海岸线，运行以来已回收海洋废弃物10000多吨，其中塑料废弃物超2200吨。

可视化追溯是“蓝色循环”模式的主要创新点之一，利用数字化技术，建立了“从海洋到货架”的全程可视化追溯，解决了海洋塑料废弃物认证难的问题。由此，“蓝色循环”模式得到了一些积极参与环境治理，有意愿为海洋塑料高价回收付费的跨国企业的认可，实现了市场化的循环利用，让海洋塑料废弃物变废为宝。

二、可追溯、国际认证，实现高值利用

市场化收集，是“蓝色循环”项目的起点。“以前海边都是塑料垃圾，很脏。渔船出海，塑料垃圾还常常会缠住螺旋桨……”台州温岭市小沙头村渔民郭文标回忆。2021年，小沙头村建起“小蓝之家”海洋废弃物收集点，郭文标和50

多名渔民、沿海低收入居民组成收集队，通过河口拦截、岸滩捡拾回收废弃物，卖给资源再生企业。郭文标说：“海岸干净，出海安全，老百姓还有钱赚。”现在，一个海上捡回的塑料瓶，回收价从3分钱涨到2角钱。一线收集人员月增收500元以上，群众参与积极性大大提高，项目因此更具可持续性。



“蓝色循环”项目带动百姓共富

通过“政府引导+市场运作”模式，“蓝色循环”吸纳沿海低收入居民、渔民组建实体化收集队伍，有效建立起立体收集网络，成为目前中国回收海洋塑料废弃物量最大项目。截至目前，已有237家产业企业、1.02万艘船舶加入“蓝色循环”，沿海妇女、老人和渔民积极参与，参与人数达到6.18万人次，项目累计收集处理海洋废弃物1.09万吨，其中塑料废弃物2254吨，减少碳排放约2930吨，一线收集人

员年增加收入约 1.3 万元。截至目前，浙江有 6.18 万人次、1.02 万艘船舶加入“蓝色循环”项目。

废物为啥能变宝？关键是科技加持，得到国际认可。在项目运营主体浙江蓝景科技有限公司的监控大屏上，可以看到废弃塑料回收、储运、处置、再生的每个环节。运用物联网和区块链技术，各环节的流程和数据被浓缩在塑料再生制品的“追溯码”上，最终实现碳足迹标定。该公司海洋事业部有关负责人介绍：“可追溯的碳足迹获得国际权威机构认证，海洋垃圾变成了海洋宝藏。”有了国际认证，这些海洋垃圾制成的塑料再生粒子被一些注重环保减碳的国际大公司以高出传统再生塑料价格约 165% 的幅度采购，实现了市场化循环利用。

“多元主体参与、市场链接产业，曾经的治理困境变成了共富红利。”浙江省生态环境厅相关负责人说。目前，这一模式正计划向全国十余个沿海省及直辖市推广，为全球海洋塑料废弃物治理贡献中国方案。

三、组建“蓝色联盟”

“蓝色循环”模式通过构建“海上垃圾收集—陆地再生利用—国际碳交易增值”循环治理体系，将国际头部企业对海洋塑料的需求与我国海洋生态环境治理有效融合，由运营企业联合国际环保组织、认证机构、产业链企业组建“蓝色联盟”，让参与海洋废弃物收集运输再生制造的所有相关

方都能分享溢价，并通过区块链追溯技术对海洋塑料全生命周期进行碳标签、碳足迹标定，以标准的治理体系和产业链升值体系打破国际高端市场海洋塑料认证的绿色壁垒，构建可信的有经济内驱力的可持续治理模式。

目前，“蓝色循环”项目已联合 237 家塑料应用企业，实现海洋塑料“从海到货架”的可视化追溯，产品进入国际高值利用市场，并设立“蓝色共富基金”，进行价值二次分配，精准惠及收集群体，渔民累计获得 1.232 亿元绿色低息贷款。

浙江省已建立“蓝色循环”海洋塑料废弃物治理长效制度机制，将其纳入《关于高质量推进“五水共治”打造生态文明高地的意见》《美丽浙江建设重点工作任务书》。下一步，浙江省将持续加快“蓝色循环”模式的复制推广，推动制定海洋塑料相关标准规范，积极助推海洋经济高质量发展，坚持在保护环境过程中发展产业拓展业态，鼓励更多市场主体积极参与海洋生态环境治理，探索打造更多高值转化治理模式，深度参与国际海洋塑料污染治理、资源再生利用、产业创新发展等领域的交流合作，不断提升生态文明建设的国际影响力和话语权，为世界海洋治理贡献中国方案，共同守护蓝色家园。

（来源：废塑料新观察）

建筑垃圾再生流态回填材料的制备与应用

导读

本文系统阐述和解读了再生流态回填材料的基本概述，并围绕再生流态回填材料的制备原理、应用现状做了全面深入的分享。

一、建筑垃圾产量现状

建筑垃圾是最大宗的城市固体废物，在 35 个建筑垃圾治理试点城市中，2018 年产生量为 13.15 亿吨、2019 年为 13.69 亿吨，其中工程渣土（泥浆）占 70% 以上。以北京市为例，随着新机场、副中心等重大工程建设及疏整促工作的集中开展，建筑垃圾呈现爆发式增长，2018 年建筑垃圾总量超过 1.9 亿吨，2019 年后有所回落但仍持续超亿吨。建筑垃圾的大量产生也随之导致了土地资源浪费、环境污染、社会安全隐患等一系列问题，因此需要加快推进建筑垃圾资源化利用，助力保障人居生活环境。

二、建筑垃圾资源化趋势

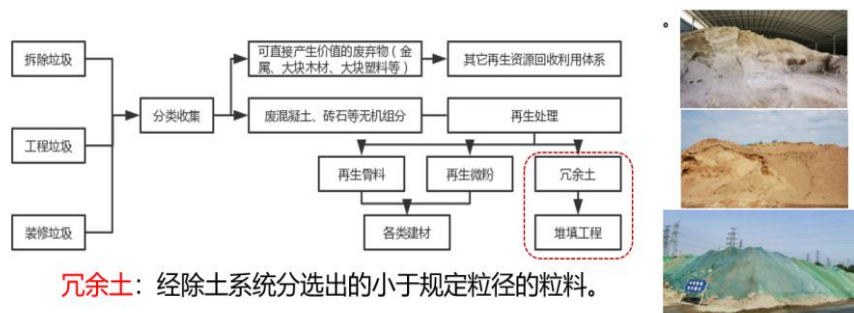
我国建筑垃圾的处理，从 20 世纪的沟谷丘壑填埋，到 21 世纪前十年的低效资源化尝试，再到近十年的“生产自动化、产品精细化”的初步实现，其资源化处理水平在不断提升。建筑垃圾经处理后得到的再生骨料可以

进一步制备成再生混凝土、再生无机混合料、再生砌块/构件等再生产品，其中，产生的冗余土（也称二次渣土，指的是经除土系统分选出的小于规定粒径的粒料）占建筑垃圾总量的 25% ~ 40%，其成分复杂，不仅有砂浆、砖混颗粒，还有大量黏土颗粒，无法作为骨料利用，大多成为二次排放，且会极大的影响高附加值再生产品的制备。

再生流态回填材料概述

● 建筑垃圾资源化

◆ 建筑垃圾经处理后得到再生骨料，进一步制备成再生混凝土、再生无机混合料、再生砌块/构件等再生产品，而产生的冗余土难以利用。



三、流态回填材料

流态回填材料是一种具有高流动性，在自重作用下无需或少许振捣下，便可自行填充，形成自密实结构的胶结回填材料，代替压实回填，施工效率高，能够解决空间有限的施工作业，保障狭窄沟槽中施工人员的安全，特别适用于异形、狭窄空间及深基坑的回填。流态固化土由于其高成本、项目限制等因素难以大面积推广，低等级混凝土应用相对广泛。

四、再生流态回填材料

建筑垃圾再生流态回填材料是冗余土、砖混类骨料利用与流态回填的结合，可利用建筑垃圾再生骨料、冗余土、开槽土，加入水泥或固化剂等胶凝材料、水，搅拌成可泵送的、具有流动性的混合材料，再通过浇筑和养护，硬化后形成具有一定强度的工程材料。常见的名称有 CLSM、流态固化土、流态混合料、非压实回填土、闪电回填料，其原料是以水泥或工业废渣为主的胶凝材料，填料多种，本地化，且施工高效。

五、再生流态回填材料优势

从材料技术指标来看，再生流态回填材料的泌水率低于 8%，材料渗透系数通常为 $1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-8} \text{cm/s}$ ，材料承载能力与抗变形能力良好，均优于传统回填压实土。整体而言再生流态回填材料具有以下几个优势：施工便捷，适应深狭、异形空间回填和管道沟槽回填，自密实，无需振捣，回填速度快；质量可靠，变形沉降小，抗渗性良好，具有良好的承载能力与抗变形能力；强度可控，便于二次开挖。与传统压实回填相比，可节省人工成本 30% 以上，回填成本显著小于低等级混凝土，且可实现固废生产，降碳效果显著。

六、再生流态回填材料制备

水泥基：采用冗余土、砖混再生细骨料为基料，水泥、粉煤灰为胶凝材料，经测试对比其工作性能、抗压

强度及抗冻性能，发现通过对胶凝材料总量及粉煤灰、水泥掺量的调整，能够实现建筑垃圾再生流态混合料在 0.4MPa ~ 5.0MPa 范围内的强度控制。研究表明，建筑垃圾再生流态混合料大量利用了建筑垃圾末端材料，可助力提高建筑垃圾资源化水平，加强工程回填质量控制，对于绿色可持续发展也具有重要意义。

固废基：采用碱性废渣、矿渣、粉煤灰替代传统水泥，大量利用冗余土，并辅以再生骨料调整其级配。经分析检测发现，试验范围内的全固废再生流态混合料 28d 抗压强度均大于 1MPa，矿渣掺量对全固废再生流态混合料的早期和后期抗压强度增长影响最显著，碱性废渣和粉煤灰的掺量对后期强度增长有明显影响。研究表明，全固废再生流态混合料将固体废物转化为有价值的材料实现了资源的循环利用，可降低土地和空气的污染，减少对自然资源的需求，避免过度开采和消耗，促进可持续发展。此外还有助于减少温室气体的排放，对降低碳足迹和应对气候变化起到积极影响。

七、再生流态回填材料应用

再生流态回填材料主要用于各类肥槽、基坑的回填浇筑，也可广泛用于道路路基、建筑物地基等加固处理领域。以北京为例，已应用于房山区长阳镇改造项目、拱辰街道综合金融、养老及居住项目的肥槽回填等，昌平区中关村国家工程技术创新基地、海淀区翠湖科技

园、丰台区方庄养老项目的基槽回填等，以及朝阳区孙河乡住宅项目的基槽、汽车坡道及土井回填等等。此外，在京台高速分隔带、京化高速台背、副中心综合管廊工程等城市公路、管廊带中也有一定的应用。

八、再生流态回填材料标准

建筑垃圾再生回填材料，特别是再生流态回填材料由于其独特的性能，越来越被市场所接受，有广泛的应用前景，但再生流态回填材料的性能设计、生产与施工应用可执行的标准欠缺。新发布的《建筑垃圾再生回填材料应用技术规程》（DB11/T2205-2023）可为建筑垃圾再生回填材料的应用提供全面的技术支撑，并为回填工程的验收提供重要依据，此外，对于提高回填工程质量、促进渣土类再生产品推广应用、扩大建筑垃圾资源化利用途径、降碳减排均具有重要意义。

再生流态回填材料标准

序号	标准号	标准名称	标准类别
1	DB11/T 2205-2023	《建筑垃圾再生回填材料应用技术规程》	北京市地方标准
2	DB11/T1975-2022	《建筑垃圾再生产品应用技术规程》	北京市地方标准
3	DB1310/T 298-2023	《预拌流态固化土壤筑技术规程》	廊坊市地方标准
4	DBJ51/T 188-2022	《预拌流态固化土工程应用技术标准》	四川省工程建设地方标准
5	T/CECS 1214-2022	《建筑垃圾再生细骨料回填材料应用技术规程》	团体标准
6	T/BECA 0005-2023	《建筑垃圾再生回填材料》	团体标准
7	T/BGEA 001-2019	《预拌流态固化土壤筑工程技术标准》	团体标准
8	T/CECS 1037-2022	《预拌流态固化土壤筑技术标准》	团体标准

九、结语

总体而言，建筑垃圾再生流态回填材料具有以下几个优点：一是原材料选材自由度较大，可大量消纳以往不易消纳的低品质再生材料，特别是冗余土，实现固废材料的高效、大量、全品类、低碳化利用，对提高区域固废综合利用水平效果显著。二是自密实、无需振捣压实，施工高效、回填密实、长期沉降小，可以有效提升工程质量、延长工程寿命。三是流态化施工技术，施工过程不产生噪音、空气污染等扰民问题，施工过程绿色环保。四是解决了建筑垃圾二次渣土的排放问题，为低品质工业固废利用提供出路，为基础设施建设材料供给提供良好解决方案，经济、社会、环境效益显著。

（来源：环卫之声 APP）

生活垃圾焚烧飞灰无害化处理及资源化利用研究

城市生活垃圾焚烧法具有最大限度的实现减量化、无害化、资源化等优势，在我国城市中的应用日益递增，并逐渐成为优先推荐的生活垃圾处理方式。垃圾焚烧技术兴起所带来的焚烧残留物量也逐渐增大，焚烧后产生的灰渣约占原生

垃圾质量的 20%—30%。而垃圾焚烧的残留物根据在垃圾焚烧系统中收集的位置不同分为底灰与飞灰，其中底灰主要是垃圾经焚烧之后在炉床上收集到的残留物；飞灰主要是在垃圾焚烧炉中烟气净化系统中收集到的细颗粒粉末物质，约占垃圾焚烧残留物总量的 10%—20%，同时焚烧飞灰中含有可浸出重金属以及二噁英类等难以自然降解的有毒物质，属于危险废物。因此，焚烧飞灰的无害化处理及资源化利用至关重要。

一、飞灰的基础特性

飞灰主要包括烟气净化系统飞灰和锅炉飞灰。了解垃圾焚烧飞灰的理化特性对其无害化处置和资源化利用很有必要。垃圾焚烧飞灰是呈灰白色或深灰色的细小粉末，一般呈棒状、多角质状、棉絮状、球状等不定形状态，具有含水率低、颗粒粒径大小不一、孔隙率高及比表面积大的特点。因烟气脱硫脱硝过程中喷射有大量的消石灰等碱性物质导致飞灰具有很高的酸缓冲能力和腐蚀性。飞灰的理化性质随焚烧厂原料、焚烧方式以及烟气净化系统的不同而发生变化。课题组对流化床飞灰和炉排炉飞灰主要成分进行了分析，结果见表 1。

表 1 飞灰的基本成分分析

成分		Ca	Si	Al	Mg	Fe	Na	K	Cl	C	S	P
流化床飞灰	含量	14.76	9.11	7.23	4.31	3.9	5.03	1.12	6.9	7.14	2.01	1.21
炉排炉飞灰	(%)	39.63	2.95	0.83	1.43	0.85	11.21	5.9	28.17	4.65	2.1	0.339

从元素组成角度看，流化床飞灰主要含有 Ca、Si、Al、Cl、Fe 等成分，炉排炉飞灰的主要成分是以 Ca、Cl、Na、K 等为主，炉排炉飞灰的氯含量大约是流化床飞灰的 4 倍。从物质组成的角度分析，流化床飞灰主要以 SiO_2 、 MgO 、 Fe_2O_3 、氯盐（ NaCl 、 KCl ）等为主，而炉排炉飞灰则以氯盐、 CaCO_3 为主。

二、飞灰的处理方法

（一）化学处理

飞灰的稳定可以采用化学稳定的方式，将飞灰与某些化学药剂混合，使其溶解度低，毒性低。化学药剂可以降低飞灰中的重金属含量，抑制飞灰中的重金属溶解。其中常用的是有机和无机两类。有机药剂以乙二胺四醋酸为主，而无机药剂则以硫脲为主。在有机药剂的作用下，pH 值会发生变化，金属会出现不同程度的沉淀，而且有些重金属还会与有机药剂中的某些元素相结合，从而降低飞灰中的重金属含量。无机药剂可以在飞灰的表面形成一层新的保护膜，防止飞灰中的重金属溶解，但如果温度太高，飞灰中的重金属就会被分解。此时，可以用硫脲等物质来控制可溶性的重金属，使其不溶于水，从而保证了重金属的不溶解。采用化学方法对飞灰进行处理，得到的飞灰中重金属的浸出率基本满足要求，但由于许多极端条件下，飞灰的处理效果不能满足要求。因此，在实际应用中，要针对飞灰中的重金属含量，选用不同的化学药剂。

（二）高温处理

飞灰的高温处理，就是将飞灰烧成玻璃状，将飞灰中的有毒物质熔化。由于温度过高，重金属会被束缚在硅片的网格中，从而使其处于一种稳定的状态。在不同的加热速度和粒径情况下，熔化效果相差很大，在高温条件下，粒径越大，产生的机械性能越好。许多金属的蒸发量很大，而且二氧化硅的晶格对重金属有很大的束缚作用。目前我国对飞灰的熔化特性的研究还比较晚，还没有足够的经验，所以目前的研究重点是飞灰的物理、化学性能。而对于飞灰熔渣的性质，以及飞灰熔化过程中所产生的废气，几乎没有太多的记载。

（三）水泥固化

飞灰可以通过水泥、砂等材料和水混合，在一定的比例下进行搅拌，从而实现固化。由于飞灰中含有高含量的氯离子，会严重阻碍后期的水泥硬化，因此，飞灰在进行水泥硬化时，必须先进行水洗，除去飞灰中的可溶性盐。由于水泥浆液具有较高的 pH 值，因此，重金属极有可能与氢氧化物发生反应，从而形成钙盐。当水泥浆进行结构强化时，锌将代替钙，生成含锌、钙的氧化物，而铅主要出现在水泥熟料的表面。由于铅的化学成分多为非溶解物质，因而具有较低的表面能，因此对水泥的水化作用具有一定的抑制作用。飞灰中的重金属离子可以降低水泥的凝固速度，而氯离子又可以加速水泥的凝固，当二者结合在一起时，水泥的凝固时间就不会发生太大的改变。结果表明，将飞灰按一定比例加

入水泥，固化后的泥浆中重金属的浸出量就不会对环境产生危害。同时，随着时间的推移，土壤中的重金属含量也逐渐降低。目前，国外对水泥的固化研究取得了显著成效，取得了较大的进步。

三、飞灰资源利用措施

（一）运用于建筑材料

由于垃圾焚烧飞灰的主要成分与水泥生产所需的原料很相近，因此可用于替代部分原料来烧制水泥熟料。将飞灰直接掺入水泥中替代部分水泥生成水泥固化体，在熟料煅烧过程中，将重金属固化在水泥熟料中，有效阻止了飞灰中重金属的溶出，整个过程无灰渣产生，避免了二次污染的产生。掺杂了飞灰的矿渣硅酸盐水泥已经成为我国水泥行业的主要水泥品种之一，获得了市场认可，不仅将纯粹采用煅烧或熔融工艺的高能源消耗避免了，还可降低飞灰的处理费用，日益短缺的水泥生产原材料也因飞灰的加入实现了部分代替。在水泥回转窑的高温煅烧过程中，会产生堵塞、设备腐蚀等问题。因此，在水泥制品的制造过程中，必须对飞灰进行有效的水洗，有效地减少飞灰中的金属和氯化物，从而达到既能保证混凝土的品质，又能达到环保的目的。

（二）岩土工程利用

飞灰是一种与火山灰相似的物质，可以用作沥青路面的一些细集料。大量试验证明飞灰在沥青混凝土中的应用，既能有效地降低能耗，又能有效地减少物料浪费，节约土地

资源。目前有关沥青路使用飞灰对环境的影响以及对人类健康的危害还没有得到充分地证实。在路基物料中可以充分利用飞灰。掺入水泥后，既能达到地基工程的强度要求，又能有效地阻止金属的渗入。飞灰的组成可以替代水泥和沙子，可以起到填充层的支撑作用。但在实际操作中，应严格按照有关规范和配方，并依据实际情况，按照施工工艺的需要，确保不会对地下水和土壤造成二次污染。飞灰也可用于筑坝的建筑材料。堤坝的主体材料是黏土和岩石，如果添加了石灰，不但可以将垃圾焚烧后的废物进行再利用，还可以减少土壤的可塑性，从而增强大坝的强度和韧性，从而保证大坝的稳定性。在实际应用中，要特别注意对飞灰进行预清洗，以达到防止土壤及地下水能量流失的目的。

（三）农业利用

在垃圾的灰烬中，包含了诸如钾这样的元素，可以帮助庄稼生长。所以在实际种植的时候，可以选用少量的飞灰作为肥料，通过这种措施可以有效地改善土壤的生态。同时，根据不同的作物种类和土壤的酸碱度，可以合理地混合飞灰。它不但可以有效地将飞灰用于农业生产，而且可以改善土壤环境，有助于提高我国农业的技术水平。但在利用飞灰的过程中，应注意其重金属含量和盐类的作用。要充分利用飞灰代替肥料，必须进行合理的配比和深入的研究。

（四）用于吸附剂

生活垃圾燃烧后，会产生一种类似于粉煤灰和天然沸石的飞灰，它的表面含有大量的氧化铝、氧化硅等矿物，被称为人造沸石。

（五）污泥调理剂

通过对飞灰的具体分析，发现采用飞灰可以有效地减小淤泥的比阻力，同时，经过这种转化，可以克服污泥脱水的负面影响。这样可以加快污泥过滤和脱水的速度，尽管这样会增加滤池中的金属成分，但也能达到相应的要求。

四、结束语

垃圾焚烧飞灰特性复杂，危害严重。飞灰处理方法的选择应在保证无害化的前提下，考虑资源的综合利用，从而达到将环境风险降至最低的目的。根据具体情况，采取有针对性的处置措施是我国生活垃圾焚烧飞灰处置的现实选择。

（来源：固废观察）

“两网融合”资源回收事半功倍更便民

近日，国务院办公厅印发《关于加快构建废弃物循环利用体系的意见》，提出推动生活垃圾分类网点与废旧物资回收网点“两网融合”，支持“互联网+回收”模式发展。近

年来，浙江、广西等地采用“互联网+回收”模式，通过研发投入智能回收设备、系统等，让“两网融合”事半功倍更便民。

浙江杭州：“云秤”采集信息

浙江省杭州市发布《杭州市再生资源回收行业污染整治提升实施方案（征求意见稿）》，目标到2024年年底，全市基本建成再生资源回收网络体系，生活垃圾分类实现市区全覆盖，建成绿色分拣中心10家以上，分拣利用专业化、精细化、规范化水平明显提升，全链条、可追溯“互联网+回收”模式广泛运用。

杭州市上城区丁兰街道通过构建“再生资源回收网点+分拣中心”的一体化运营，建立再生资源回收体系配套综合性分拣中心，通过线上微信小程序，线下自助交投等，实现线上、线下双线融通，实现可回收物应收尽收。强调数字赋能，完成所有回收网点数据在城市垃圾智慧管理系统的调试接入，全面推进智能“云秤”系统建设，使用智能“云秤”采集回收信息，以蓝牙、无线等方式上传至系统，实现回收体系日减量数据的实时上传，掌握回收减量数据。

在中转站实现“一站式”分类，经过工作人员验收分类质量合格后，通过智能“云秤”系统进行称重、分类投放。同时，居民在该系统上刷卡，垃圾重量等数据信息显示在屏幕上并存入积分卡，积分卡可以定期兑换生活用品。

广西：小程序预约上门

只需打开“邕易收”微信小程序，便可一键查看废纸皮、塑料瓶、旧衣物等废旧物资的线下自助投递站点位置，还可以线上预约上门回收家里大件的旧空调、旧电视、旧洗衣机等电器，处理废旧物品就像寄快递一样简单，如此快捷方便的场景，如今已在广西壮族自治区各地实现。

据介绍，广西桂物再生资源有限公司打造的“邕易收”信息平台 and 智能回收站点打造“轻便类可回收物自助投放”和“大件废旧物资线上预约上门回收”线上线下相结合的“互联网+再生资源回收”新模式，为居民、学校、机关企事业单位提供了可回收生活垃圾、废旧家电、大件家具垃圾、报废机动车回收处置的一站式服务，实现了居民生活废旧物资线上预约回收。

目前，广西桂物再生资源有限公司已经在全区政府单位宿舍区、居民小区和各类院校建设了近1000个废旧物资智能回收站点，提供便捷的“互联网+回收”服务。“我们还会联合当地社区、物业服务企业、学校志愿服务队等不定期开展以垃圾分类、节能减排为主题的志愿宣传服务活动，不断提升居民节能环保意识。”该公司相关负责人介绍。

据了解，下一步，为持续推进“一刻钟便民生活圈”发展，广西将不断扩大废旧物资智能回收站点覆盖范围，联动相关企业，依托“邕易收”信息平台，嵌入家电以旧换新、

家电清洗等线上预约家政服务、积分商城等，打造多元化智能服务平台，更好满足居民各个方面的需求。

河北石家庄：回收箱扫码投递

河北省石家庄市长安区康华园小区的王奶奶来到小区路边的社区智能回收箱前，用手机扫码，打开柜门，熟练地把自己收集的废旧纸箱投了进去。“这个回收箱很方便，随时可以投递，价格还比废旧回收市场给得高。”王奶奶说，现在她卖废品都是通过这台智能回收箱。

据介绍，石家庄市鼓励回收企业积极探索“数据+、网络+、企业+”等回收模式，扩大智能、网络和人工的多元融合，推动了全市再生资源回收体系智能化、信息化发展。其中，长安区改造提升的河北中安再绿再生资源有限公司分拣中心获得河北省首家绿色分拣中心认证。新华区采取龙头牵引、链式发展的思路，打造出“智能操控、自动检测、精准溯源、智能交互”的回收体系，覆盖率达100%。截至目前，石家庄市已完成布设再生资源回收网点3000余个。其中，各类智能回收设备1542台，包括社区智能回收机1488台、可回收物智能环保小屋29个。

市民投放到智能回收箱的废旧纸板、旧衣服、塑料瓶等各种废品如何处理？来到位于新华区的“爱分类”石家庄分拣中心，长长的半自动分拣线旁，数十名工作人员正忙着将各类回收物放到不同的区域内。“智能回收箱满仓后，设备

自带的传感器就会通过物联网发送数据到运力平台，调度人员即可就近取回。”“爱分类”石家庄分拣中心负责人介绍说，他们会把再生资源细分为 80 多个品类，进行再加工和无害化处理，最终把再生资源“变废为宝”，实现资源循环再利用。

“从智能回收机回收各种废品时，再生资源包裹上还附有二维码。每次装车、卸货都会称重扫码，支持再生资源从源头到销售环节的全流程追溯。”“爱分类”石家庄分拣中心负责人表示。

近年来，石家庄着力打造“回收网络化、服务便利化、分拣工厂化、利用高效化、监管信息化”的全链条新型再生资源回收体系，采取原有回收站点改造升级、重新自建或引进第三方公司等形式，合理规划布局回收投放点和分拣中心建设，全市已逐步形成较为健全的再生资源回收体系。下一步，石家庄将在农村地区推广“互联网+回收”模式，加快农村地区“两网融合”。

（来源：中国建设新闻网）

宁波采用智慧一体化资源回收模式

宁波市智慧一体化再生资源回收体系由一体化的前端服务网络、智能化的物流快速清运中转、集约化的综合分拣集散中心、信息化的大数据服务管理和规范统一的运营管理体系五大板块构成，全市统一布点，通过物联网、车联网、互联网+大数据、云计算、AI 识别等技术运用，打造全品类回收、分拣、运输、循环利用“一条龙”服务体系，有效发挥“一体化+公共服务”属性，形成了全产业链回收模式。自体系建成投用以来，已在宁波市建成一体化全品类回收站点 3272 个、区域分拣中心 8 个配套专用收运车 105 辆，服务覆盖整个宁波市范围，服务用户超 100 万，累计实现垃圾减量 31 万吨。

一、全品类回收

为满足城乡差异化分类需求，实现全品类、全区域一体化回收，该模式在垃圾分类前端配备了三类回收设施，便民利民可收模式多样化。

（一）“智能回收站”，采用 24 小时全天候服务的智能回收设备分类回收多种小件可回收物，操作便捷，自动称重计价，可提取现金。

（二）“人工回收站”，利用“社区再生资源规划用房”或废旧集装箱改建为“集装箱式回收站”，实现“人工+智能”的回收服务。

（三）“物流回收”，采用智慧物流回收车进行定时定点上门回收服务。

二、智慧物流

回收网点拥有满仓预警功能，回收清运采用统一标识的密闭型回收车辆、装载智能管理系统，数字化赋能，实现平台自动派单、车辆就近接单、物流线路优化等功能，有效降低清运成本、提高清运效率和效益。

三、高效分拣

充分考虑地域空间管理，每个区县（市）配套建设综合分拣中心，源头精细化分类投售的可回收物通过智慧物流运送至区域配套分拣中心进行精细化分类打包后直接送至终端利用工厂，以专业化流程和规范化管控打通居民等产生端与回收端、物流清运端之间的信息化连接，实现全产业链融合。

（来源：宁波垃圾分类 APP）

浅谈生活垃圾填埋场封场后的填埋气体 安全管理问题

一、前言

近年来，国内各地市生活垃圾焚烧处理能力不断提升，生活垃圾无害化处理逐步以焚烧处理为主，卫生填埋处理成为辅助应急方式。较多早期投入使用的垃圾填埋场达到使用年限后即逐步实施封场管理，原生生活垃圾“零填埋”后，部分垃圾填埋场即不再接纳生活垃圾而停止使用。封场管理是填埋场全生命周期中极其重要的一个环节，封场后填埋场的安全管理问题，涉及填埋气处理、地下水监测、地表水监测、渗滤液处理、坝体堆体稳定性等问题。由于填埋场不再作为生活垃圾无害化处理的首要场所，多数填埋场封场或停用后因资金不到位、人员缺乏、关注度下降及意识不足等因素，安全监管问题时有发生。填埋场封场后发生的安全事故与上述问题因素息息相关，影响重大，其中以填埋气体安全事故问题较为明显。通过对填埋场封场后的填埋气体安全管理问题进行分析，研究对策，能减少或避免安全事故发生，提高封场后场区管理水平，确保管理到位，保障填埋场及场区周边人员财产安全。

二、封场后的填埋气体安全管理问题

（一）填埋气体产生及其特性

在厌氧微生物的作用下，垃圾堆体及渗滤液中的有机物发生反应、降解，产生大量的填埋气体，俗称沼气。填埋气的成分主要是由甲烷和二氧化碳组成，通常混合比是 55% 甲烷和 45% 二氧化碳，同时还有少量恶臭气体、有毒气体及其他有机气体。填埋气体是一种可燃的、有潜在危险性的混合性气体，易污染空气，引发温室效应等气候问题。甲烷易燃易爆，与空气混合就会形成高浓度爆炸性气体，随时有爆炸的安全风险。当空气中的甲烷含量在 4.9% 以上则会发生爆炸，其爆炸浓度范围在 4.9%—16% 左右；此外，沼气混入空气后使空气中的氧气含量降低，容易导致机体缺氧而引发中毒或窒息。

生活垃圾填埋场封场后，堆体内的垃圾仍在发生降解反应，填埋气、渗滤液仍有产生，需多年才能趋向稳定，安全管理、环境影响问题可能长期伴随，若管理不妥，则容易引起安全事故等问题。

（二）填埋气体事故原因分析

纵观近年来发生的填埋场气体安全事故，主要为中毒、爆炸、火灾等情况：如在渗滤液处理区发生的气体中毒窒息、填埋区发生的沼气中毒昏迷、甲烷气体爆炸、填埋区自燃引

发火灾等，其中有限作业空间发生的中毒窒息事故较为明显。

事故发生原因，一是从企业角度分析，主要是安全意识淡薄，安全发展理念认识有差距；相关安全责任未落实到位，安全生产教育培训未能深入骨髓，存在不足；日常安全管理不严，岗位操作规程执行不到位；风险辨识管控及隐患排查治理不到位等问题。二是从从业人员角度分析，主要是相关人员的安全培训不足，安全意识不够，缺乏专业能力；作业时未严格按照岗位操作规程要求或违规冒险作业；未做好做足安全防范措施，如未佩戴防护用品或防护用品失效；施救失当，如在未排除隐患的情况下或未采取任何安全措施的情况下便急于施救、盲目施救，造成二次事故，导致事故扩大。据有关资料显示，导致中毒窒息事故的原因中，防护用品失效或未使用防护用品是最主要原因，其次是设备设施缺陷问题，然后是通风不良、操作失误、冒险进入危险场所及冒险盲目施救等。

由上述可知，大部分的填埋气体事故与人的关系密切，从上层企业管理，到下层实际从业人员，从意识层面的认识重视，到行动层面的严格执行，稍有疏忽，都容易造成事故的发生。

三、封场后的填埋气体安全管理工作建议

由于生活垃圾的不稳定性，填埋场封场后的若干年内，会持续产生大量的沼气，以封场初期较为明显，同时，填埋场封场后渗滤液产生量依然较大，从而使得整个场区填埋气体安全管理任务重范围大。填埋场必须设置有效的填埋气体导排设施，严防填埋气体自然聚集、迁移引起的火灾和爆炸。填埋气体的利用主要为燃烧发电和火炬燃烧处理，由于填埋气体的特殊性，在按规定做好气体收集运输处理的同时，更要从管理上实操上做好各项安全管理工作，严防各类事故发生。

（一）建立健全安全生产管理制度

1. 贯彻安全发展理念和“安全第一、预防为主、综合治理”方针，强化安全意识，提高重视程度。制定填埋场安全管理办法，建立安全生产责任制、管理制度和操作规程，可成立安全工作领导小组，明确领导小组工作职责，细化安全工作方案，确保管理办法能落到实处，起到实效。制定奖惩管理办法，对于在安全生产管理工作方面有优秀、突出表现的，要适当给予奖励，而对于违反安全生产管理制度或因此造成事故的人员，给予严肃处理。

2. 制定安全生产教育培训计划，开展常态化、专项化的教育培训活动，把安全生产理念植入每一位从业人员，从思想上重视安全生产，带动实操行为安全可靠；制定应急预案，

定期开展消防、防洪、防爆、中毒窒息事故等应急演练，把安全生产牢记心中、熟练手中。

3. 加强日常安全生产巡查管理，全面开展各项专项隐患排查，做好防汛防台、防雷电和防火防爆等各项安全检查工作，发现问题要及时整改，防患于未然；配备必需的劳保用品和配备专职的安全生产管理人员，实操人员必须持证上岗，严格按照各岗位操作规程作业。

（二）做好填埋气体收集处理和日常监测

填埋场须设置有效的填埋气体导排设施，对填埋气体进行收集利用，当填埋场不具备填埋气体利用条件时，则应进行火炬集中燃烧处理。填埋气体易燃易爆，收集运输处理的相关区域，必须具有良好的通风条件，避免可燃气体在密闭空间内聚集。

1. 制定气体收集运输处理管理制度。结合填埋场实际和有关规定要求，形成安全性高操作性强的管理制度和执行规定，明确人员职责范围，实现气体收集运输处理管理常态化科学化。

2. 及时维护管理设备设施。填埋气体中的某些酸性气体，会对管网有一定的腐蚀，且垃圾堆体发生不均匀沉降时，易造成管网断裂。需定期对气体收集管网、处理设备设施等进行防腐防爆等检查和维护，确保设备设施处于安全使用状

态，保证管网连接顺畅，填埋气体及时得到导排、收集及处理。

3. 开展常态化环境监测工作。填埋气体的产气期有高峰期和回落期，回落期很长，有的可以达到 20 多年甚至更久，可见，填埋场封场后需开展与垃圾降解年限周期相当的长期的环境监测，以减少填埋场对场区周边造成的环境影响，监测范围主要包括：渗滤液区的气体 and 液体、地表水、空气质量以及垃圾堆体坝体沉降位移等跟踪监测。由于甲烷具有可燃性，需每日监控填埋区、渗滤液池区及周边区域甲烷含量，预防中毒或爆炸事故发生。按需配备在线监测系统，实时及时掌握沼气产生量和收集处理情况，形成工作台账，为日常管理提供可靠的数据基础；按规定配备气体检测设备和可燃气体检测报警装置，满足运行安全要求；禁区使用明火施工需提前申请报备，符合使用明火条件下才能使用。

（三）严格开展有限空间作业

填埋气体安全置于填埋场内部时，因没有氧气和火源，不会发生爆炸，但一旦在一定空间范围内，甲烷浓度达到限值，就有爆炸的危险。有限空间作业属于危险性较大的作业，在填埋场内比较常见，必须按规定办理程序并严格作业。

1. 制定严格的有限空间作业审批审查制度、作业方案和应急预案。按规定设置清晰、醒目、规范的安全警示标识，警示有限空间作业风险。严格执行有限空间作业要求，先通

风、再检测、后作业，未完善手续未经批准的情况下不可擅自开展有限空间作业，避免因有限空间作业不规范导致人员伤亡事故。

2. 加强安全生产教育培训，提高人员对有限空间作业安全性重要性的认识，定期开展有限空间安全作业风险、安全施救知识、应急救援装备使用、应急救援技能等安全教育培训，针对现场负责人、监护人员、作业人员、应急救援人员进行专项安全培训，普及有限空间作业安全生产常识，务必提高有限空间安全作业的辨识度和执行度。

3. 强化作业现场安全管理，配置相应的管理人员，严格落实现场监护措施，作业前需保证作业人员掌握有限空间作业知识和作业技能并进行安全技术交底，熟练作业区域安全防护用品放置位置和使用要求。结合有限空间有害因素和作业风险，按要求配备配齐应急救援设备和个人安全防护用品并确保完好可靠，要求作业人员按规范佩戴劳动防护用品，及时制止和纠正违章违规行为。

（四）强化人员安全教育和培训

填埋气体安全事故与从业人员密切相关，安全工作与人的安全意识和技能水平息息相关，提升人员专业知识和实操技能显得尤为重要。

1. 提高人员安全生产意识。开展安全生产思想教育，包括安全生产方针政策教育、法制教育和典型经验及事故案例

教育，树立“安全第一”的思想，使安全生产扎根于思想，了解掌握国家有关安全生产法律法规和各项安全生产规章制度，认真贯彻执行安全生产方针，依法依规生产，依法保护自身安全，坚定安全生产信念。

2. 加强专业知识和安全操作技能教育培训。定期开展填埋气体收集运输处理相关岗位的专业知识和安全操作技能教育培训，把教育培训计划列入工作日程，包括入职教育、岗前教育和继续教育培训，确保专业知识过硬、实操技能过硬，安全生产人人参与、人人知晓。特种作业人员必须按规定进行操作培训并持证上岗，证件按期复审。在开展危险性较大和特种作业前，必须熟知作业内容和要求、存在的危险因素、救援措施等，禁止违规作业或冒险作业。

3. 强化应急救援能力。根据作业岗位需要和特点制定应急预案，配备齐全的应急救援器材，组织应急演练，同时从业人员更要强化应急救援能力。应急救援能力包括应急救援知识和实操技能的掌握。加强知识培训，组织人员参与应急救援知识学习，掌握可能发生的事故起因、特点、救援措施等应急内容，提高应急处置能力和自救互救能力。加强技能培训，通过应急预演，掌握逃生、施救技能，做到有序有效、科学安全施救，提高人员的应急处置能力，施救得当，防止因施救不当导致伤亡扩大。

四、结语

填埋气体的产生从填埋场接收垃圾开始一直持续到封场多年后，其安全隐患一直存在。填埋气体的安全管理，需企业与人员共同努力，各司其职，各尽其责。结合填埋气体的特性和有关事故案例分析，建立健全安全生产管理制度，开展自查自纠、整改落实，做好安全生产管理工作，提升人员专业知识和实操技能，把安全隐患消灭在萌芽状态，把事故损失降低到最低程度，保障场区运营安全。

（来源：广州市城市管理技术研究中心李燕妮供稿）

报：范瑞威、张颖、谭斌、徐书同、周涛、肖苏、
谭礼和、何正清、徐加荣

发：局机关各处室、直属各单位

广州市城市管理技术研究中心 2024年5月28日

编审：李湛江 朱云

编辑：罗志红 电话：81073291