

城市管理

科技信息简报

2023 年第 9 期

广州市城市管理技术研究中心

2023 年 9 月 25 日

本期要目

- ◆ 餐厨垃圾厌氧发酵沼渣脱水性能研究
- ◆ 垃圾焚烧飞灰低温热分解高效资源化处置技术
- ◆ 生活固废协同处置园区建设案例及发展建议
- ◆ 城市垃圾分类：如何从“有没有”转向“好不好”
- ◆ 关于“陈腐垃圾治理”的几点思考与探索
- ◆ 景德镇数字化管理让环卫有了“智慧芯”
- ◆ 做城市管理智慧大脑 赋能广州精细化管理

目 录

垃圾分类

厦门深入推进垃圾分类新模式 1

城市垃圾分类：如何从“有没有”转向“好不好”7

技术前沿

餐厨垃圾厌氧发酵沼渣脱水性能研究 13

生活固废协同处置园区建设案例及发展建议 22

关于“陈腐垃圾治理”的几点思考与探索 30

智慧城管

做城市管理智慧大脑 赋能广州精细化管理33

景德镇数字化管理让环卫有了“智慧芯” 38

白云智慧城管走上华为开发者大会 43

科技创新与应用

垃圾焚烧飞灰低温热分解高效资源化处置技术 47

厦门深入推进垃圾分类新模式

厦门近日印发《厦门市“十四五”时期“无废城市”建设实施方案》，方案提出，“十四五”时期，厦门市要推进提升垃圾分类“厦门模式”，生活垃圾分类工作要保持全国领先，到2025年，厦门市生活垃圾回收利用率达45%以上，垃圾处理能力达7250吨/日，生活垃圾无害化处理率达到100%，保持原生生活垃圾“零填埋”。

一、禁塑限塑净菜上市 推动生活固废源头减量

为推动生活固废源头减量，“十四五”期间，厦门市将持续推进禁塑限塑工作。鼓励推广使用环保可降解替代产品，推广使用纸质包装代替塑料包装，积极响应“以竹代塑”倡议。持续开展民航限塑专项行动和过度包装治理行动，落实一次性塑料制品使用、回收情况报告制度。到2025年，各类展会活动、A级旅游景区等禁止使用不可降解塑料袋，在全市星级酒店和饭店推行不主动提供“六小件”等一次性用品，电商快件不再二次包装率达95%。

同时，厦门市还将做好净菜和白条鸡、鸭上市，推行大型批发市场厨余垃圾就地减量，倡导“光盘行动”。推行机关无纸化办公、鼓励使用再生纸制品、不使用一次性水杯。深化节约型机关、绿色学校、绿色景区、环境教育基地等创

建活动，开展生活领域各类“无废城市细胞”建设。到2025年，打造一批无废餐饮、无废码头、无废机关、无废校园、无废景区、无废社区、无废教育基地等。

二、多种措施 深入推进垃圾分类“厦门模式”

在垃圾分类方面，将深化垃圾分类宣传教育，持续开展“小手拉大手”等活动。建立健全与垃圾分类挂钩的收费机制，积极推进差异化收费。积极推行垃圾分类示范引领，完善“经验共享、难题共解、师资互派、跟训见学、定期交流”五项工作机制，促进提升垃圾分类“厦门模式”。为此，厦门市将新建垃圾分类屋200个。借助大数据、人工智能、物联网等技术手段，因地制宜建立智慧化垃圾投放体系。并制定低附加值可回收物指导目录，推动居民广泛参与垃圾资源回收活动，引进智能回收箱，推进低附加值可回收物分拣中心建设。建立“分类投放、统一清运、区域分拣、集中处理”的低附加值可回收物循环和处置机制。

深化社会参与。深化社会动员和教育培训，持续推动“小手拉大手”和暑假垃圾分类打卡等活动，督促引导更多家庭自觉参与生活垃圾分类，不断提高垃圾分类参与率和准确率。推进创新发展。建立健全与垃圾分类挂钩的收费机制。积极探索厨余垃圾就地资源化利用，进一步推动厦门垃圾分类工作持续位居全国前列。

健全垃圾分类回收体系。不断强化生活垃圾分类全过程

管理，提升改造投放点，优化分类错峰直运，鼓励农村地区实行上门收运，开展厨余垃圾就地资源化处理试点。依托厦门国家“城市矿产”示范基地的平台优势，建设点、站、场高效衔接的城市废旧物资循环利用体系。到2025年，生活垃圾回收利用率达45%以上，垃圾分类工作水平保持全国领先。

完善常态化监督管理。开展全要素考评，建立健全行业考评长效机制。完善垃圾分类常态化执法机制，及时曝光垃圾分类执法典型案例。因地制宜建立智慧化垃圾投放体系，完善智慧环卫平台建设与管理。

三、提升“海上环卫”队伍能力 完善海漂垃圾治理机制

巩固提升海漂垃圾治理成效。加强岸滩及海面漂浮垃圾的监测调查，提升专业化“海上环卫”队伍能力，每100公里岸线至少配备一艘打捞船，在重点滨海区域增加垃圾收集设施，进一步推动海漂垃圾分类处置。持续完善“制度化、常态化、系统化、信息化”的海漂垃圾“四化”治理机制，深化“岸上管、流域拦、海面清”的成效，进一步降低海漂垃圾分布密度、覆盖度。到2025年，重点岸段无明显可见垃圾，基本实现“水清滩净”，建成一批“美丽海湾”“美丽河湖”。

四、推动东部固废处置中心建设 提升垃圾综合处置能力

加快生活垃圾处理设施生态园建设。推动东部固废处置中心内的填埋场、焚烧厂、餐厨垃圾处理场等设施进行升级改造，打造集垃圾处理、科普教育等多功能一体化的生活垃圾综合处理基地。到 2025 年，垃圾处理能力达 7250 吨/日，生活垃圾无害化处理率达到 100%，保持原生生活垃圾“零填埋”。

探索垃圾资源化利用示范。总结推广餐厨垃圾资源化利用和无害化处理试点经验，实施餐厨垃圾多元化处理，探索开发果蔬基地、批发市场等生厨余就地处理技术。充分利用当前污泥资源化试点项目示范作用，加快建设集美等干化焚烧处置中心，探索飞灰与沼渣、污泥等协同资源化利用技术研发和示范。

五、实施生命周期管理 促进建筑垃圾全量利用

（一）促进建筑垃圾源头减量

深化建设工程渣土源头减量。加强竖向规划设计，促进源头减排。完善装配式建筑技术标准，以新区建设带动装配式建筑和装配式装修发展，推进智能建造技术应用。根据辖区、片区的地理地形编制土方平衡规划，从源头减少土方产生量，做到项目、片区、辖区“三个平衡”，减少土方外运。

推进绿色建筑高质量发展。加强绿色建筑工程管理，城

镇新建民用建筑全面执行绿色建筑标准。鼓励政府投资公益性建筑、大型公共建筑和建筑面积大于10万平方米的住宅小区提高绿色建筑等级要求，引导城镇新区按绿色生态城区标准进行建设。落实国家绿色建筑标识管理要求，开展绿色建筑标识工作，完善绿色建筑标识申报、审查、公示流程，依托全国绿色建筑标识管理平台，提高绿色建筑标识工作效率和水平。到2025年，绿色建筑占新建建筑100%。

（二）完善建筑垃圾闭环管理

畅通建筑装修垃圾分类收运渠道。各区政府按照属地管理原则，统筹做好辖区内拆除工程、小散工程、建筑装修工程等建筑垃圾处置工作，实施建筑装修垃圾投放管理责任人制度，加强分类筛选和减量化管理，强化再生利用和处置，合理规划布局建筑垃圾中转场，加强建筑装修垃圾产生、运输、消纳管理。

加强建筑废土处置协同监管。充分发挥市、区渣土办平台作用，落实属地管理责任、部门监管责任、企业主体责任，提升合力监管水平。加强市区联动和联合执法，加大对使用未依法核准车辆、超速、超载、滴撒漏等建筑废土运输各类违法行为的查处力度，加强对违法倾倒建筑废土、非法占用耕地林地等违法违规行为的打击力度，督促项目建设（代建）单位对建筑废土的产生、运输、消纳全过程负责。

夯实建筑废土信息化管理基础。优化厦门市渣土运输管

控平台功能，增设信息统计模块，掌握全市工程建设项目建筑废土产生量和消纳量。通过市、区职能部门数据共享，强化渣土运输执法监管的针对性和时效性。依托建筑废土收运中转场逐步推动建筑装饰垃圾计量统计工作，完善建筑废土统计信息。

（三）提升建筑垃圾处理能力

完善建筑废土资源化利用体系。编制《厦门市建筑垃圾资源化利用专项规划》，建立全链条建筑废土资源化利用机制。推进房屋拆除工程建筑垃圾资源化利用，鼓励业主（代建）单位在拆除面积10万平方米以上的项目中采用移动式设备现场处置建筑垃圾，实行房屋拆除、建筑废土资源化利用及清运一体化管理。积极探索建筑废土资源化利用先进技术，完善建筑废土资源化利用企业末端产物去向监管，鼓励资源化利用企业间协同开展泥浆、泥饼再利用。开展建筑废土再生产品绿色标识和行业认定工作，编制建筑废土再生产品及适用工程目录，提升再生产品的市场认知度和认可度。到2025年，建筑垃圾资源化利用率达35%。

（来源：乐分圈微信公众号）

城市垃圾分类：如何从“有没有”转向“好不好”

要加快分类设备研发和功能开发，推进传统“人+桶”模式向“机+桶”的“智能回收+人脸识别”模式转变；通过数字化技术打破数据孤岛问题，挖掘出数据潜在价值，为决策等服务。

垃圾分类是实现垃圾减量化、资源化、无害化，避免“垃圾围城”的有效途径，也是绿色低碳生活方式的重要组成部分。住建部近期表示，力争到今年年底前，地级及以上城市居民小区垃圾分类覆盖率达90%以上，2025年底前基本实现垃圾分类全覆盖。当前，我国垃圾分类实施情况如何？科技能为垃圾分类提供哪些助力？近期记者对相关专家进行了采访。

297个城市已全面实施

为更好解决城市垃圾问题，2019年，我国全面启动地级及以上城市的垃圾分类工作，到2020年底，我国46个重点城市基本建成了垃圾分类处理系统。

据住建部公布的数据，近年来我国垃圾分类工作持续深入推进，297个地级及以上城市已全面实施垃圾分类，

居民小区平均覆盖率达到 82.5%，人人参与垃圾分类的良好氛围正在逐步形成。随着垃圾分类工作的全面推进，297 个地级及以上城市垃圾日处理能力达到 53 万吨，焚烧处理能力占比 77.6%，城市垃圾资源化利用水平实现较大幅度的提升。

同济大学生态文明与循环经济研究所所长杜欢政教授在接受记者专访时表示，各城市实施垃圾分类工作出现了三大变化。一是思想认识逐步统一，垃圾分类这件“小事”被当成是事关人民福祉的大事推进，2019 年以后，各地政府不断加强立法，基层社区、乡村上下联动共同推进垃圾分类；二是分类标准基本形成，不同地区因地制宜出台了四分法、三分法，基本实现了垃圾的“干湿分离”；三是基础设施不断完善。根据住建部的计划，今年将进一步推进城市垃圾处理设施建设，补齐中西部地区焚烧处理短板。

我国在垃圾分类方面涌现了很多好模式。据今年 4 月发布的《100 城市垃圾分类指数 (GSI) 评价报告》显示，青岛、深圳、上海、苏州等城市均表现优异。

在青岛市西海岸新区铁路小区，厨余、可回收、其他、有害垃圾 4 个不同颜色的垃圾桶整齐摆放着。为避免雨水进入，垃圾桶上面有屋顶，桶后的图片上罗列了

每个桶内可丢弃哪些类型的垃圾。为激发居民垃圾分类的主动性和自觉性，小区设置了“红黑榜”。垃圾分类做得好，可奖励一定期限的免费停车。如果错误分类超过两次，会在小区业主群内被公示。“这办法特别出效果，分类正确率一下提高了30%。”小区业委会主任马明森介绍。

青岛在全市设置了垃圾分类宣教中心54座，将垃圾分类纳入校本课程，600名专业的“星火讲师”进机关、进小区、进学校开展主题宣传，市民生活垃圾分类知晓率达到98%。青岛市区分类设施、分类收运实现全覆盖，生活垃圾日处理能力达1.2万吨。

法规建设还要加快步伐

杜欢政说，通过近年来的垃圾分类工作，可以看到分类存在一些共性问题。比如在前期垃圾分类大规模推行过程中，通过宣传教育和指导员在桶前督导，居民初步形成了分类习惯。但受长期生活习惯和生活方式影响，一旦缺少持续性宣传和直接督导，部分地区就出现了干湿不分等问题“回潮”现象。

据统计，福建、河北、山东等20个省、自治区，上海、广州等173个城市出台了垃圾分类的地方性法规、政府规章。“尽管部分地区已在探索垃圾分类的相关立

法，但法规建设还要加快步伐，在分类实施细则、管理部门职责、奖惩手段等方面加强规范，提高可操作性。”杜欢政说，随着一些新兴废弃物的出现和增多，居民识别和分类的难度加大，因此需要提高分类的准确率；还应加快建设、健全处理体系，部分城市缺少分类垃圾清运车、厨余垃圾处理中心、再生资源处理中心、危险废物处理中心等垃圾中、末端处理设施和场所，使分类后垃圾在末端处理中没有得到充分利用。

在北京、上海这样的大城市，垃圾分类也面临其特有的问题。大城市垃圾产生量大，收储运和末端处置都需要大量的土地用来建设处理处置中心。但大城市寸土寸金，建设运营成本高。此外，大城市生活节奏快，垃圾精细化分类需要更多时间，传统人工分类模式会影响居民的分类积极性。对此，住建部城市建设司副司长杨宏毅说，住建部将持续深入推进垃圾分类工作提质增效，实现从“有没有”向“好不好”转变。补齐设施短板，推进城市垃圾分类处理设施建设，持续提升焚烧处理能力，不断优化垃圾处理结构。

垃圾分类进入 2.0 时代

今年 5 月底，家住北京沁山水南社区的居民惊喜地发现，垃圾分类驿站里新添了智能化桶盖自动开关及除

臭设备。这个智能垃圾桶装有人体感应和自动开关设备，在感应到有人进入垃圾分类驿站后，垃圾桶盖会自动开启，并同步喷洒消毒液，实现无接触便捷投放。

我国垃圾分类第一个阶段是“人+桶”，即督导员站在垃圾桶前，指导居民进行垃圾分类和投放；第二个阶段是“机+桶”，即智能化垃圾桶。智能化垃圾桶借助 AI 技术，可实现人脸识别、自动称重、溢满报警、定时锁止等功能；通过客户端可快速辨别垃圾类型，提高居民垃圾投放的正确性；借助数字化技术，能实现积分管理、二维码溯源、车辆追踪、视频监控及大数据分析等相关基础功能，减少人工成本，提高效率，通过垃圾分类全过程各环节的数据统计，可有效完成垃圾跟踪分析和溯源，为垃圾分类的精细化管理提供支撑。

作为超大城市，深圳为全国做了示范。深圳发挥志愿者之城和科技创新之城的优势，在智慧监管方面实现了小区、垃圾投放点的全覆盖。深圳垃圾分类是以选择性精准分类为基础，以可回收物规范管理为迭代升级方向，以清洁高效焚烧发电为核心依托，以全过程智慧监管平台为保障。这种先进模式具备在其他超大城市推广应用的良好价值。

青岛市也在持续推进垃圾分类的智能化，比如依托城市运管服平台，汇聚垃圾收运线路、处理设施等基础信息，形成垃圾分类“家底一个库”、运行管理“显示一张图”、问题处置“全市一盘棋”。通过智能监控和称重等技术，对4000个投放点实时监测，对268条厨余垃圾分类收运线路、1.3万个收运点位作业情况自动考核，对全市6座垃圾处理园区实行云上监管。

未来，垃圾分类智慧化升级的发力点应该是哪里？杜欢政说，发力点包括智能分类设备的开发、数字化技术的升级、人与技术关系的协调等。例如，加快分类设备研发和功能开发，推进传统“人+桶”模式向“机+桶”的“智能回收+人脸识别”模式转变；通过数字化技术打破数据孤岛问题，挖掘出数据潜在价值，为决策等服务。

垃圾分类相关技术的运用还要匹配目标群体的生活状况。比如有些小区居民文化程度不高，无法掌握垃圾分类数字化技术，这就需要调整技术手段，提高智能设备的使用效率。同时还应加强垃圾分类数据统计与公众分类意识及行为的相关联分析，让垃圾分类智能化技术与居民知识水平、生活方式相匹配。

（来源：科技日报）

餐厨垃圾厌氧发酵沼渣脱水性能研究

垃圾焚烧处理已成为我国垃圾处理的主要方式，垃圾焚烧发电厂厌氧发酵是指有机物在厌氧条件下通过微生物自身的新陈代谢而被转化为甲烷、二氧化碳和消化残余物的处理技术。本文所指的厌氧发酵沼渣是厌氧发酵后厌氧反应器内固液混合的出渣物，主要由水、少量未分解完全的原料、未分选完全的无机物和新产生的微生物菌体等组成。目前行业内主要采用脱水工艺对沼渣进行处理，随着垃圾分类的深入推进，对沼渣含水率要求越来越高，改善沼渣脱水性能成为亟待解决的行业问题。

一、沼渣特性与脱水性能的关系

（一）沼渣中水分的存在形式

沼渣中含有大量的水分，这些水分在沼渣中以自由水、结合水两种形式存在。自由水是指水分的化学性质不随着周围固体颗粒的存在而发生变化，即被包围在沼渣颗粒之间的游离水分。由于这部分水不与沼渣颗粒直接结合，所以与沼渣的亲合力较弱，可以通过机械方法比较容易地从沼渣中分离出来。结合水是指吸附和结合在固体颗粒上的水分。根据水分与沼渣颗粒间作用力的不

同，又将结合水分成三类：吸附水、间隙水和内部水。吸附水是指在表面张力的作用下，吸附于沼渣颗粒表面的水分，只有通过改变固体颗粒的物理性状，降低表面张力，才能使吸附水从沼渣颗粒上分离；间隙水是指在毛细作用的影响下沼渣颗粒之间相结合的水，通过向沼渣施加外力，破坏毛细管表面张力或凝聚力可以去除；内部水是指沼渣中微生物细胞内的水分，需通过热干燥或焚烧，使化学键断裂才能释放去除。

由此可见，结合水的含量是影响沼渣脱水性能的关键，结合水含量越多，沼渣则越难脱水。因此，沼渣脱水的关键在于结合水的去除。通过改变沼渣的性质，使结合水尽可能多地转化为自由水，有助于后续的机械脱水，正确了解沼渣的水分分布是选择合适的脱水处理工艺的基础。

（二）沼渣含水率与体积之间的关系

沼渣含水率 P 与体积 V 之间存在一定的数量关系，可用式（1）表达：

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{100 - P_2}{100 - P_1} \quad (1)$$

设模式为式（1）中，

V_1 ——含水率 P_1 时对应的沼渣体积， m^3 ；

V_2 ——含水率 P_2 时对应的沼渣体积， m^3 ；

C_1 ——含水率 P_1 时对应的沼渣含固率，%；

C_2 ——含水率 P_2 时对应的沼渣含固率，%；

W_1 ——含水率 P_1 时对应的沼渣重量，kg；

W_2 ——含水率 P_2 时对应的沼渣重量，kg；

P_1 、 P_2 ——不同的沼渣含水率，%。

（三）沼渣的絮体结构

微生物在整个湿式厌氧发酵过程中扮演着相当重要的角色，由于微生物的新陈代谢作用，沼渣中会形成许多胞外聚合物，这些胞外聚合物质量比约占沼渣中总有机物含量的 50%~90% 之间。胞外聚合物中含有大量的蛋白质和多糖、少量的 DNA 和核酸，这些组分滞留了大量的水分并以聚集体的形式填充形成了沼渣的结构，被认为是决定沼渣物化性质的关键物质。这些胞外聚合物使得沼渣絮体具有较强的亲水性，与水的亲和力极大，是造成沼渣固液分离非常困难的主要原因。

二、沼渣脱水的影响因素

沼渣的脱水性能是由沼渣的结构性质决定的，影响沼渣性质的因素包括胞外聚合物、表面电荷、阳离子、颗粒粒径等，其中胞外聚合物是重要影响因素。

（一）沼渣的胞外聚合物

胞外聚合物带有多种官能团且具有高度亲水性，在沼渣中形成各种化学键，改变了沼渣颗粒粒径、表面电荷、疏水性等性质，从而影响沼渣的脱水性能。胞外聚

合物像胶囊一样包围在细菌的周围且不断向溶液中分泌粘性聚合物，由于胞外多糖包裹细胞壁，降低了细胞的有效临界电势而发生絮凝。但胞外聚合物本身会通过絮凝作用吸附大量水分，高度水合的胞外聚合物增加了沼渣的粘性，不利于沼渣脱水。

（二）沼渣表面电荷和阳离子

沼渣表面电荷与阳离子通过双电层影响沼渣的沉降性，从而影响沼渣的脱水性能。沼渣颗粒发生沉降必须综合考虑粒子间的相互吸引力和相互排斥力两方面的总效应，沼渣颗粒之间的吸引力本质上和分子间范德华力相同，而颗粒间的排斥力源于沼渣表面的双电层结构。沼渣固体表面拥有负电位离子，电位离子层通过静电作用，把溶液中阳离子电荷吸引到固体周围，以至于固液两相分别带有不同符号的电荷，在界面上形成双电层结构。当沼渣颗粒间距离较大，其双电层未重叠时，排斥力不发生作用；当沼渣颗粒间距离较小，以至于双电层部分重叠时，则在重叠部分中离子的浓度比正常分布时大，这些过剩的离子所具有的渗透压力将阻碍离子的靠近，因而产生排斥力作用，这就是造成沼渣很难自然沉降的原因。沼渣表面电位越负，脱水性能越差。

（三）沼渣颗粒粒径

沼渣颗粒越小，颗粒的比表面积越大，沼渣的脱水性能越差。这是由于大比表面积悬浮颗粒体系具有很大

的表面能，使得颗粒与沼渣中的水分相互作用程度会更高。这就会造成离心分离时，固体的回收率降低，沼渣含水率变大；过滤脱水时，脱水速率降低，机械脱水性能变差。

三、“三氯化铁与 PAM 絮凝剂调理 + 高压隔膜板框压滤”沼渣脱水系统

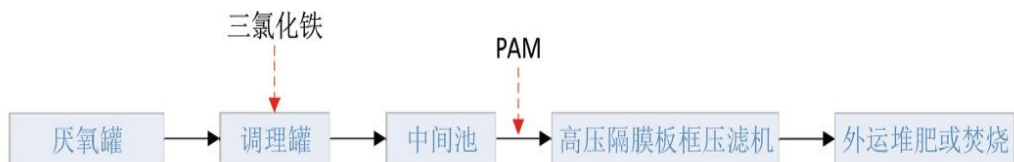


图 1| 沼渣脱水工艺

“三氯化铁与 PAM 絮凝剂调理 + 高压隔膜板框压滤”沼渣脱水系统设计中通过加入三氯化铁对厌氧后沼渣进行调理，中和沼渣表面的电荷，破坏沼渣的稳定性，再通过添加絮凝剂使得沼渣发生团聚沉降，最后经过高压隔膜板框压滤机脱水后沼渣的含水率可降至 65%左右。

厌氧发酵后沼渣进入调理罐中，往调理罐中加入铁盐搅拌混合，调理沼渣的脱水性能，使沼渣更容易脱水。经铁盐调理后的沼渣转移至中间池暂存。在高低压进料泵入口端装有管道混合器，PAM 溶液由 PAM 投加泵打入管道混合器与沼渣充分混合，可增强脱水效果。调理好的沼渣再通过高低压进料泵打入高压隔膜压滤机中进行固液分离（沼渣脱水）。随后往压滤机隔膜中打入压榨水

压榨，使滤饼含水率进一步降低（图1）。脱水完成后得到含水率约65%的脱水沼渣。

参考污泥脱水的规定，一般认为污泥比阻（SRF）在 $(0.981 \sim 3.924) \times 10^{12} \text{m/kg}$ 之间或毛细吸水时间（CST）值小于20s时，进行机械脱水是较为经济与适宜的。未调理的沼渣的SRF和CST一般均大于此值，故机械脱水前须进行适当调理。

（一） Fe^{3+} 无机盐调理

三价阳离子有利于絮体形成团聚，因此加入此类无机盐能提高沼渣脱水性能。相对来说，铝盐生成的矾花颗粒的离散性弱，状如疏松的毛绒或浮云，但使用三氯化铁混凝后的沼渣体积是使用铝盐型混凝剂时体积的 $1/3 \sim 2/3$ ，矾花颗粒更密实，不会出现粘黏滤布的现象，更易于通过高压隔膜板框压滤机滤布进行脱水。原因是三氯化铁的阳离子与沼渣颗粒的负电荷相互吸引并中和，使电荷减小，减少了粒子之间的排斥力，增加了颗粒间的吸附，减少了粒子和水分子的亲和力；另外 Fe^{3+} 会在沼渣颗粒絮体表面形成一层紧密坚硬的外壳，这层紧密的外壳不仅能在机械脱水过程中将压力传递给絮体内部，还能有效防止絮体在高压时解体，增加粒子凝聚力，从而改善沼渣脱水性能。

高分子絮凝剂聚合电解质调理

高分子阳离子 PAM 的主要作用机理是去水化作用、电中和作用和吸附架桥作用。

去水化作用。在胶体表面形成水化膜，将亲水胶体转变为憎水胶体，这是调质的关键。胶体与高分子阳离子 PAM 两组分之间发生活性反应或形成络合物，产生不溶性产物，从而实现沼渣的絮凝。

电中和作用。沼渣悬浮液之所以能稳定存在，很大程度上取决于粒子的带电性，电荷之间的排斥力阻止它们互相靠近，若在沼渣中加入与胶体带相反电荷的聚电解质，则可降低粒子 ZETA 电位，即会降低排斥能峰，减小扩散层厚度，使粒子相互吸引形成絮团。

吸附架桥。高分子絮凝剂把许多较小的胶体吸附起来，由于 PAM 多成链状，当高分子 PAM 链的一端吸附某一胶粒后，另一端又吸附另一胶粒，形成“胶粒—高分子—胶粒”的絮凝体，通过相互结合的桥梁作用，形成更大的絮凝颗粒。

通过 Fe^{3+} 无机盐调理与高分子絮凝剂聚合电解质调理相互作用，改变沼渣的性质，使沼渣中的结合水尽可能地转化为自由水，从而有助于提高后续高压隔膜板框压滤机的脱水效果，最终保证脱完水后得到含水率 65% 左右的脱水沼渣。需要指出的是，调理沼渣仅仅是通过改变沼渣颗粒的结构或者沉降性加快脱水速率，却不改变最终脱水程度。

四、沼渣脱水系统工艺参数及运行

以采用“三氯化铁与 PAM 絮凝剂调理+高压隔膜板框压滤”沼渣脱水系统的国内某生物质综合处理厂为例，沼渣脱水系统采用高压隔膜板框压滤机对餐厨垃圾、粪污以及动物固废等有机垃圾厌氧发酵后的沼渣进行脱水处理。沼渣脱水前将 31%三氯化铁溶液加入调理罐内，加药量约为沼液量的 2.1%，调理罐内置搅拌机对沼渣进行均质搅拌，对沼液进行充分调理；进入高压隔膜板框压滤机前，将配置成的 0.15%~0.18%的 PAM 溶液通过管道混合加药形式与液态沼渣充分反应絮凝，PAM 固体加药量约为沼液量的 0.013%。该系统运行三年来，运行效果稳定，脱水后沼渣的含水率在 65%左右，排放沼液化学需氧量约 4000mg/L 左右（图 2）。

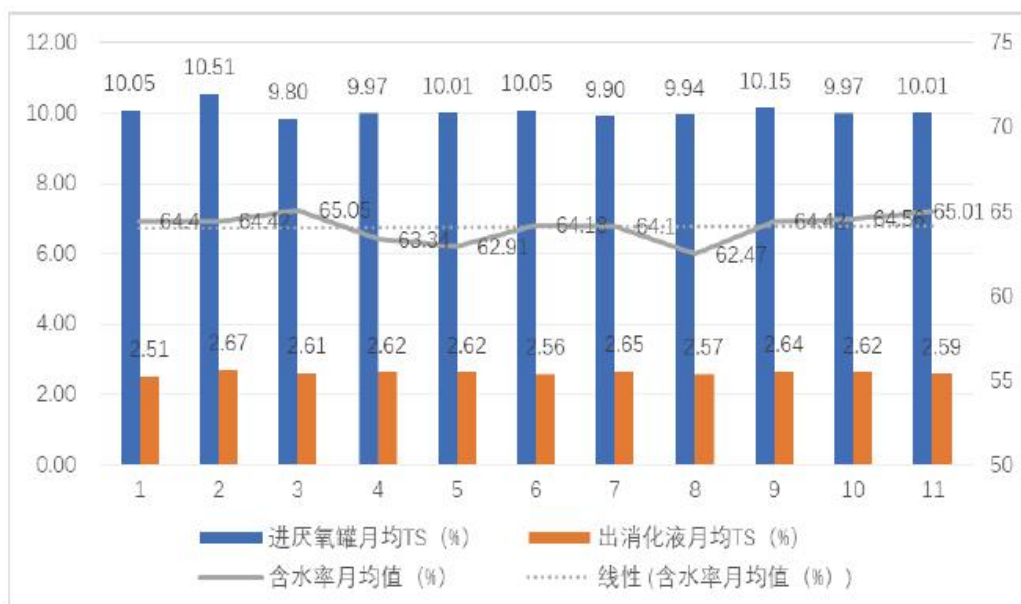


图 3 某生物质综合处理厂厌氧发酵进出含固率变化及脱水关系图

根据 2022 年度 1—11 月实际运行数据表明，进入厌氧系统的浆料总固体（TS）浓度一般控制在 10%~12%，

浆料 TS 中有机质占比 (VS/TS, VS 为挥发性固体) 达到 90% 以上; 经过厌氧发酵后, 出料沼渣 TS 约为 2.6%, VS/TS \approx 48%, 总体有机质降解率约为 86% (图 3)。

由于颗粒中的有机物含量能够显著影响沼渣网络强度和结合水含量, 因此需要厌氧发酵将 VS/TS 降得尽可能低, 对沼渣脱水性能的提高才会更有帮助。随着厌氧发酵过程使得 VS 不断被溶解或去除, 导致结合水得到释放, 沼渣变得更为松散, 流动性能加强, 引起脱水能力的提升。

五、结论

通过以上研究表明, 一是采用三氯化铁无机盐调理与高分子絮凝剂聚合电解质调理能够改善沼渣的脱水性能; 二是采用高压隔膜板框压滤机对适当调理后的沼渣进行脱水在工艺技术上可行的; 三是进行适当调理后采用高压隔膜板框压滤机进行沼渣脱水可以一次性将脱水后沼渣的含水率控制在 65% 左右, 减量效果明显。

随着餐厨垃圾等有机垃圾处理技术不断地更新及完善, 尤其在全球碳达峰、碳中和的大背景下, 对于餐厨垃圾减量化、资源化的要求越来越高, 采用三氯化铁与高分子絮凝剂改善沼渣脱水性能, 采用高压隔膜板框压滤机进行脱水, 有效降低了沼渣的含水率, 或将成为未来餐厨垃圾等有机垃圾厌氧发酵后沼渣脱水的主流技术。

(来源: 城市管理与科技)

生活固废协同处置园区建设案例及发展建议

本文梳理了我国关于生活固废协同处置园区建设的相关政策，介绍了上海、厦门和成都的固废协同处置园区的建设实践，为其他城市建设固废协同处置园区提供借鉴并提出协同处置园区的发展建议，对推动垃圾分类后末端处置有积极意义。

一、前言

生活固废是居民日常生活中常见的固体废弃物，包括生活垃圾分类后的家庭厨余垃圾、可回收物、有害垃圾、其他垃圾、大件垃圾、餐厨垃圾，以及城乡建设发展过程产生的建筑垃圾、装修垃圾、生活污水处理厂污泥、园林绿化废弃物、果蔬种植与农贸市场的果蔬尾菜等。生活固废经前端的分类后，在末端资源化利用和无害化处置中需要配套建设相应的设施，然而还有不少城市存在资源化利用设施不完善、设施处理能力不足、存量填埋设施环境风险隐患大等问题。为解决这些问题，国家鼓励有条件的地区探索建立低碳环保产业园、综合处理基地、静脉产业园等具备固废协同处置的园区。本文通过梳理生活固废协同处置园区建设的相关政策文件，分析部分已建成投入使用的协同处置园区案例，为开展生活固废协同处置园区建设提出建议，对推动垃圾分类后末端处置有积极意义。

二、园区建设政策概况

固废协同处置园区是基于循环经济理念发展而来，是集多类固体废弃物的综合处置基地，以集约、高效、环保、安全为原则，发挥协同处置效应，实现各类处理设施工艺设备共用、资源能源共享、环境污染共治、责任风险共担，降低“邻避”效应和社会稳定风险的园区。

三、生活固废协同处置园区案例

（一）上海天马无废低碳环保产业园

天马无废低碳环保产业园位于上海市松江区佘山镇以西，园区总占地约 1000 亩，园区垃圾焚烧能力达 3500t/d，湿垃圾处理规模为 530t/d（家庭厨余垃圾 350t/d，餐厨垃圾 150t/d，废弃食用油脂 30t/d），建筑垃圾资源化能力达 1800t/d（装修垃圾处理量 1200t/d、拆除垃圾处理量 600t/d）。

产业园内焚烧处理项目承担了松江、青浦两区全量的干垃圾焚烧任务，同时对外承接污水厂污泥掺烧，焚烧产生的飞灰运送至老港综合填埋场的飞灰专区安全填埋。湿垃圾中餐厨垃圾和家庭厨余垃圾采用“预处理+湿式厌氧消化+沼气发电利用”处理工艺，厌氧消化产生的沼气经过净化后进行热电联产，热能用于厂区工艺系统，电能除供园区内项目自用电外，余电上网；废弃食用油脂采用“杂质分选后提炼粗油脂”工艺，提取的粗油脂送至深加工企业进行资源化利用；湿垃圾中分选出的不可利用残渣运至焚烧厂处置。建筑垃圾

主要采用“破碎+分选+骨料综合利用”工艺，综合利用产品包括再生砖、再生骨料、再生材料、再生塑料等再生产品。

（二）厦门后坑垃圾综合处理基地

后坑垃圾综合处理基地位于厦门市湖里区，建设有400t/d的生活垃圾焚烧发电厂、600t/d的家庭厨余垃圾资源化利用厂、垃圾中转站和污水处理厂等，并在基地外围配套了园林垃圾预处理车间、大件垃圾分选车间和大件垃圾二手交易市场。

基地内生活垃圾焚烧发电厂，焚烧产生的飞灰等废弃物转运至岛外翔安区东部固废处理中心处置；家庭厨余垃圾资源化利用厂厨余垃圾经分拣预处理后，有机质采用干式厌氧产沼发电的处理技术，沼渣用于生产有机肥，分拣出的杂质焚烧处理；基地主要处置厦门岛内思明区和湖里区的生活垃圾，两区日产垃圾超过3000t，除部分进入基地内焚烧和家庭厨余处理厂资源化利用外，其余垃圾经基地内中转站压缩脱水后外运东部固废处理中心处置；基地外围的园林垃圾和大件垃圾处理点于2019年投入使用，主要处理湖里区的园林垃圾和家具类大件垃圾，其中，园林垃圾破碎后可与家庭厨余垃圾沼渣协同堆肥，大件垃圾收集进入处理车间后，由人工分选出可重复使用的大件垃圾进入二手交易市场，其他大件垃圾经处理厂内分选设备筛分出有用的铁质金属后，其他物料焚烧处理。

（三）成都市长安静脉产业园

成都市长安静脉产业园是获批建设的国家级资源循环利用基地之一，总规划用地面积为 4.67 平方公里。园区内已建卫生填埋场、万兴环保发电厂二期和餐厨垃圾无害化处理项目（二期）等，其中，餐厨垃圾无害化处理项目（二期）已于 2019 年建成，处理餐厨垃圾 300t/d，采用“预处理+厌氧消化+沼气发电利用”处理工艺，沼气发电，沼渣焚烧，每年可获得粗油脂 5475t；万兴环保发电厂二期于 2020 年建成，处理生活垃圾 3000t/d，同步建设了 5 条污泥干化生产线，具备处理含水率 40%干污泥能力为 140t/d（折合含水率 80%湿污泥 420t/d）。

根据成都市规划委批复的《成都市长安静脉产业园建设专项规划（2019-2035）》，园区内还将新建设餐厨垃圾处理项目（500t/d）、大件垃圾综合处理项目、建筑垃圾资源化利用项目等，并开展长安垃圾填埋场一期陈腐垃圾的处置。通过系统规划园区内部功能和项目布局，可有效实现多类废弃物的协同处置和配套设施的共建共享，全面提升固体废物处置效率。

四、发展建议

（一）园区功能布局

主要根据入园固废的种类规划园区功能布局。可入园的生活固废包括生活垃圾分类后的家庭厨余垃圾、可回收物、有害垃圾、其他垃圾、大件垃圾、餐厨垃圾，以及建筑垃圾、

装修垃圾、生活污水处理厂污泥、园林绿化废弃物、果蔬尾菜、填埋场陈腐垃圾等其他生活固废。根据入园生活固废的种类，园区内部规划的功能区域一般包括无害化处置区域、有机垃圾协同处置区域、干垃圾协同处置区域，并可配套建设智慧管理平台、污水处理中心、研发中心、宣教中心等。

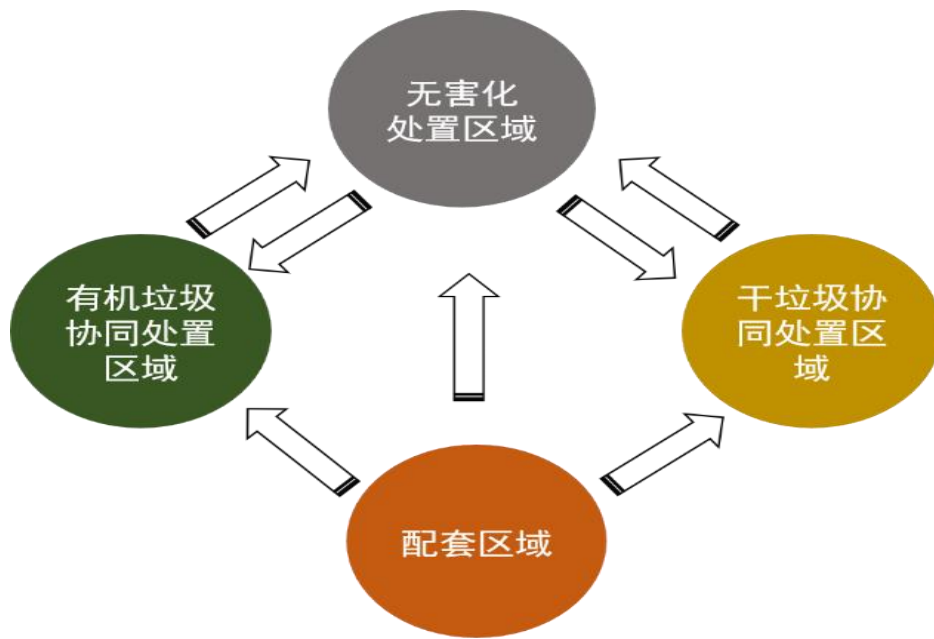


图 1 生活固废协同处置园区功能布局

无害化处置区域重点是建立焚烧（发电）项目，是生活固废协同处置园区的核心功能区域，可处理的生活固废包括生活垃圾分类后的其他垃圾和有害垃圾，生活污水处理厂污泥，以及固废资源化处理过程筛分出的无法进行资源化利用的物料，填埋场存量陈腐垃圾等。有机垃圾协同处置区域重点是建设有机垃圾协同资源化利用项目，可处理的生活固废

包括生活垃圾分类后的家庭厨余垃圾、餐厨垃圾、园林绿化废弃物、果蔬尾菜、生活污水处理厂污泥等。干垃圾协同处置区域主要是建设干垃圾协同资源化利用项目，可处理的生活固废包括生活垃圾分类后的可回收物、建筑垃圾、装修垃圾、大件垃圾等。

协同处置园区因处置的固废种类多样，一般占地面积较大，需要较好地协调土地、规划等相关部门的关系，并且可能会涉及到土地置换、土地性质改变和土地权属改变等工作，从而影响到项目实施进度，甚至难以将各类固废处置集中于专门的园区内。对于上述情况，可以围绕焚烧（发电）项目为核心，设置生活固废处置的核心区、缓冲区和外围区，依托焚烧（发电）项目构建一个相对集中的协同处置区域，尽可能实现多类废弃物的协同处置和配套设施的共建共享。

（二）协同处置技术

园区协同处置主要体现在多种垃圾协同无害化处理、发电项目余热利用、有机固废协同堆肥、干垃圾协同生产建筑材料等。

在原生垃圾“零填埋”的要求下，多种垃圾协同无害化处理，是通过建设焚烧处理设施满足垃圾无害化处置的要求。国家鼓励地级市、县级市和县城规划新建生活垃圾焚烧项目，对于入厂垃圾量达不到设计处理能力的焚烧项目，可协同处置生活污水处理厂污泥和填埋场陈腐垃圾，提高焚烧项目运行负荷。

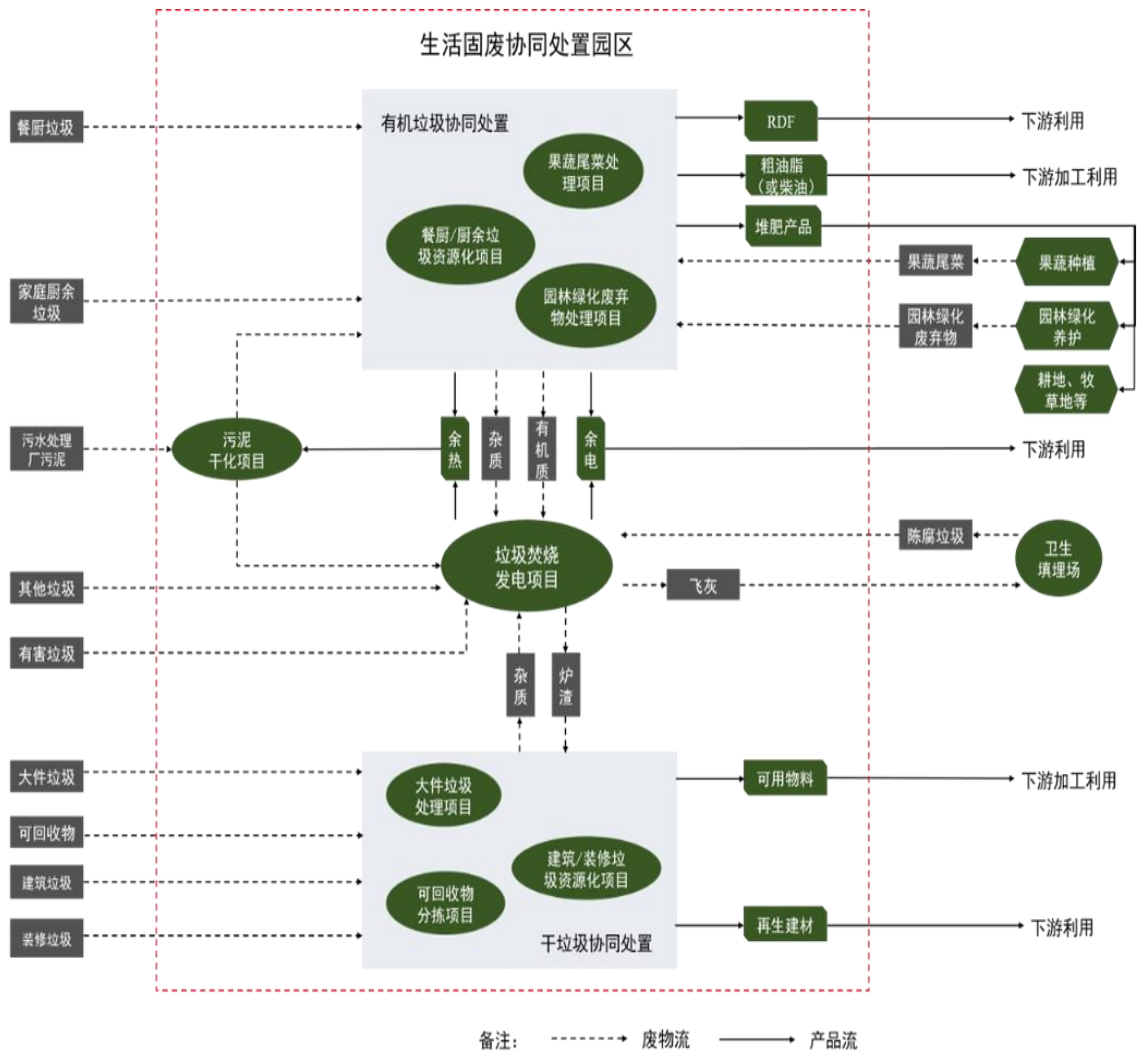


图 2 生活固废协同处置园区协同路线

发电项目余热利用是指生活垃圾焚烧发电和有机质厌氧产沼发电过程产生的余热用于污泥干化，以及园林绿化废弃物粉碎后干化降低含水率后生产生物质颗粒燃料。污泥干化后既可以协同焚烧发电，也可以协同其他有机垃圾堆肥。根据《有机肥料》（NY/T525-2021）和《农用污泥污染物控制标准》（GB4284-2018）的相关要求，生活污水厂污泥经干化后，可作为农用污泥应用于耕地、园地和牧草地等，但是不能作为生产有机肥的原料。在焚烧设施运行负荷低，

且堆肥产品销路不畅的情况下，建议将污泥与其他垃圾协同焚烧处理。

有机固废协同堆肥是有机固废处置应用较广的技术，是指餐厨垃圾经提油处理，家庭厨余垃圾经分选去处杂质后，协同干式或湿式厌氧发酵产沼气，沼渣与园林绿化废弃物、果蔬垃圾、生活污水处理厂污泥等协同堆肥生产有机肥、营养土等产品。根据农业部发布的《有机肥料》(NY/T525-2021)的相关要求，经过分类和陈化后的厨余废弃物经评估后可以作为有机肥料生产的原料，从而破除了餐厨垃圾和家庭厨余垃圾堆肥产品在农业和林业应用的“梗阻”障碍。园林垃圾粉碎后可以作为生产有机肥的原料，也可以作为生产生物质颗粒的燃料，不过生产有机肥的周期长于生物质颗粒燃料的生产周期，因此，对于需要快速消纳园林绿化的地区，可考虑规划建设 RDF 生产线。对于前端垃圾分类效果较差、堆肥产品缺乏消纳途径的地区，也可将有机质脱水后协同无害化处理等。

干垃圾协同生产建筑材料是较为成熟的技术，主要是将可回收物分选出来的玻璃、陶瓷粉碎后，与建筑垃圾和装修垃圾中分选出来的细渣土和细骨料等物料协同生产再生砖等建筑材料。可回收物分拣中心项目以“组合筛分预处理+人工分选+光学分选+AI 智能分选”等方式实现可回收物的细分类，由于可回收物在生活垃圾中的比例较低，细分类后的可回收物可转运至园区外的再生资源深加工企业进行加工

再利用。建筑垃圾和装修垃圾分选出来的大件杂物可以与家具类大件垃圾共用破碎、磁选的设备，从建筑垃圾和装修垃圾中分选出来的骨料等可与焚烧厂的炉渣协同生产建筑材料。

六、结语

以集约、高效、环保、安全为原则建设的生活固废协同处置园区，是垃圾分类后末端资源化利用的重要途径。由于各地的经济社会发展水平，环卫基础设施条件等存在差异，因此，协同处置园区的建设要因地制宜，充分考虑各地垃圾分类的实际情况，一定时空内生活固废的规模水平，资源化产品市场销路等因素，对园区功能布局和协同处置技术路线进行科学的论证，以期建立的协同处置园区能真正解决各地生活固废处置的难题。

（来源：固废观察）

关于“陈腐垃圾治理”的几点思考与探索

陈腐垃圾治理工程的目的是将垃圾进行减量化、资源化和无害化处理。由于陈腐垃圾成分复杂，在实际的治理过程中，尤其是刚入行的“新手”，难免会遇到很多棘手的问题。

本篇分享一些编者在陈腐垃圾治理过程中所遇到的问题及处理方案，供参考。

一、陈腐垃圾筛分难点

（一）由于陈腐垃圾含水率过高，造成土砂粘连筛分设备内壁，严重影响筛分效率及筛分精细度。

（二）陈腐垃圾中的可燃物粘连大量土砂，通过普通风选设备很难以将其有效分离。

（三）高含水率的陈腐垃圾常常导致设备过载运行，极大“提高”设备的故障率，延长施工周期，缩短设备使用寿命。

思考与实践

新型防堵塞高效滚筒—滚筒内设置旋转刮刀，将垃圾带到 150° 角以上，利用高度差，在垃圾掉落时，将垃圾摔散，解决了高湿度垃圾黏着在一起的问题。滚筒外附加压辊，在滚筒旋转时，与滚筒筛筛孔进行摩擦，自动清洁筛孔，有效避免筛孔堵塞，使土砂得以快速、高效筛分。

新型轻物质分选装置——通过旋转的钉耙及刷子装置，代替风选，可以分选出普通风选较难分出的高含水率可燃物。

二、陈腐垃圾筛上物的处置难点

（一）陈腐垃圾中的可燃物多采用焚烧处理，但很多城市不具备焚烧条件。而且陈腐垃圾中的可燃物热值低，很多焚烧厂不愿意接收。

(二) 将陈腐垃圾中的可燃物进行焚烧处理，运输及焚烧费用比较高昂。

(三) 将可燃物焚烧处理“一次性”转化为“热能”，不如寻求资源化利用的方案，实现资源循环再生。

思考与实践

内循环塑料水洗系统——(内循环设计，无污水外排管线)将可燃物进行水洗再生，70%以上的可燃物实现回收利用，减少白色污染，节约运输及焚烧成本。

塑料垃圾再生造粒系统——通过对水洗后的塑料进行热熔造粒，不仅可以实现垃圾的消纳，同时在不产生二次污染的前提下，还可以实现资源的循环应用，提升经济收益。

通过以上创新实践，实现90%筛上物不依赖风选，保障高效、持续、精细筛分；实现70%可燃物循环再生，不焚烧处理，缩短施工周期，节省大量运输及焚烧支出；塑料垃圾进行水洗、热熔造粒后，垃圾变“黑金”，实现效益的最大化。

(来源：万吉援环保设备有限公司供稿)

做城市管理智慧大脑 赋能广州精细化管理

俯瞰东湖公园，一处“街区绿矿”格外引人注目。自动化的垃圾箱存放点里，机械臂正将其他垃圾桶从入口处抬升到空置区域，整个存放点好似一座立体“停车场”。在越秀区东山街道的分类宣教馆内，不仅有寓教于乐的宣教设施，还有先进的处理装置展示应用，既减轻环卫人员的工作负担，又能让市民近距离了解广州市的垃圾分类工作成效，提升市民的体验感和参与度。

一、深入调研 检查垃圾分类关键点

在东山体育场旁，一个小小的“街区绿矿”集合垃圾分类宣教场所、其他垃圾桶存放、厨余垃圾桶清洗等功能。环卫工在入口处将厨余垃圾桶放进机器，随着传送带的运作，垃圾桶进入机器，高速水流在机器里面不断冲刷垃圾桶。10秒左右，一个厨余垃圾桶就清洗干净了。“用这台机器，每分钟能洗6—8个垃圾桶。”越秀区东山街道办事处有关负责人介绍。

构建可持续的城市管理和服务体系，离不开专业的技术支撑以及标准制定等功能的辅助，而广州市城市管理技术研

究中心（广州市生活垃圾分类管理事务中心，以下简称“研究中心”）就是这样一个部门。

今年以来，研究中心对全市生活垃圾分类投放点和分类宣传教育场馆建设管养情况进行了深入调研，针对投放点位的设施建设、保洁管养、投放指导、分类准确率及居民分类习惯养成等垃圾分类关键点开展检查，并对存在问题的部分点位开展“回头看”检查。

今年以来，研究中心共检查 51 个三类单位、120 个物业小区、片区及示范村的 312 个点位，分类管理平台抽查 375 条街道评估情况；对 11 个区 156 个居住区开展暗检，检查投放点位 339 个（其中督办“回头看”点位 104 个），向各区发出暗检巡查情况 65 份，引领分类工作全面提升。

二、强化措施 东山街共设有 71 个投放点

“我们对暗检点位数及发现问题数进行统计分析，发现各月检查投放点位数量相当，但问题数量逐月下降，且 5 月下降幅度较 4 月增大，体现了调研采用的闭环机制的优势，实行暗检形式对投放点建设管养水平和精细化管理工作的提升具有显著促进作用。”研究中心有关负责人表示。

近期，东山街在研究中心的指导下，结合街情实际推动制定东山街垃圾分类工作 10 条强化措施，包括党建引领、检查督导、问题整改、加强执法、人员保障、经费支持、宣传培训、设施更新、智慧建设、打造品牌等 10 个方面。



如今，东山街共设有 71 个投放点，基本能满足居民的投放需求。在确保五要素齐全的前提下，街道逐步改善居民投放环境，推动智能化管理新模式来提升投放点的品质化管理水平。同时，在中心的引导下，市民群众按照《广州市生活垃圾分类投放指南》（2023 年版）投放生活垃圾，助力城市生活垃圾分类和资源化处理工作走在前列。

三、生活垃圾组分 提供城市管理科学决策

什么是生活垃圾？垃圾里面有什么？城市的生活垃圾为什么要采用焚烧发电的处理方式？如何从生活垃圾中找寻未知信息？这些信息为这座城市提供什么样的管理工作指引？如何形成垃圾分类工作更加科学的决策？这一切都离不开研究中心十几年来一直坚持的全市生活垃圾组分调查研究。

在广州的循环经济产业园里的资源热力电厂的卸料区里，年复一年，工作人员顶着恶臭，一丝不苟地完成生活垃

圾的抽样、测容重、现场分拣、样品分装工作。这样的场景是研究中心监测部科研人员习以为常的工作。

研究中心每年要做全市生活垃圾组分和特性的调研，是为了跟踪掌握生活垃圾的基础数据。自2020年起该中心已连续四年向社会发布了广州市生活垃圾组成和性质的抽样调查公告。该中心有关负责人介绍：“要实现垃圾的减量化、资源化和无害化，首先必须了解垃圾的组成及其理化特性，对垃圾的性质有了全面的认知，才能科学地决策，继而采用技术可行、经济合理、对环境影响较小、社会可接受度高的垃圾分类方式、分类方法、处理处置工艺和流程。”生活垃圾抽样调查显示，近年来垃圾组分在一定范围内有所波动，但整体较为平稳。

广州市的生活垃圾组分占比最大的仍然是厨余类，其次为橡塑类、纺织类、纸类等。从垃圾资源化角度来看，生活垃圾中仍有不少可回收物没有得到有效回收利用，需要人人参与并认真细致做好垃圾分类工作，提升城市生活垃圾回收体系的有效运作，优化城市生活垃圾资源化过程中的政策和实施，构建准确、高效的收集网络，培育可回收物资源化产业链，提高市场价值较低但具有循环利用价值的可回收物回收率，全面提升全社会资源利用效率，助力实现“碳达峰”“碳中和”目标。

四、精细规范 城市美容更标准

垃圾分类工作就是新时尚。垃圾分类的“广州模式”已走向全国。而随着垃圾分类工作的不断推进，城市管理对环卫作业质量也提出了更高的要求。“就拿垃圾分类举例，随着环卫机械化作业水平日益提升，生活垃圾分类工作深度推进，新技术新产品新设备不断推广应用，增加了作业工种，增加了作业模式，也提升了作业质量标准，因此环卫作业配备的人、财、物的投入都需要作相应调整。”该中心有关负责人介绍。

为了适应新的要求和需求，今年7月，广州市发布实施了由研究中心负责编制的地方标准《市容环境卫生作业劳动定额》（以下简称《劳动定额》）。《劳动定额》明确了广州道路清扫保洁、水域保洁、垃圾分类投放点与公厕管养等市容环卫作业的劳动定额标准，全面覆盖环卫作业领域。每条大街小巷的清扫保洁等各类市容环卫作业需配备几名环卫工人、配备多少车辆设备？这些问题都能在这份标准中找到答案。

根据新版《定额》标准，道路清扫保洁分为特级、一级、二级、三级、四级5个等级。清扫保洁等级为一级的道路劳动定额为4300平方米/工日，每天清扫保洁16-18小时，清扫频率为每天7:00和15:00前完成普扫两次，普扫后为巡回保洁。车行道机械化保洁每天不少于两次，人行道清洁

每月不少于3次。在合理配备各区域大街小巷清扫保洁投入的人财物的前提下，确保道路干净整洁有序。



不单是道路保洁，新版《定额》标准科学测算了水域、公厕、垃圾分类等各类环卫作业中的人工作业和机械作业的劳动限额，对优化环卫作业生产要素配置起到了至关重要的作用。

（来源：南方日报）

景德镇数字化管理让环卫有了“智慧芯”

近年来，市场变化的速度对技术创新产生了巨大影响。对于市政环卫项目来说，管理模式无疑是保证环境品质提升最重要的抓手。传统环卫管理模式依赖于“人”——“人盯人”“人管人”，存在难于监管、信息失真、效率低下等管

理难点，难以匹配效率当头、品质为先的城市环境发展需要。所以，环卫管理的数字化、智慧化升级成为了现阶段下市政环卫项目的新挑战和新方向。

2020年11月，景德镇玉禾田环境集团引入“作业云”管理系统，开启环卫智慧化、信息化管理之路，是玉禾田集团最先采用作业云、开展数字化升级的市政环卫项目之一。景德镇玉禾田以作业云数字化管理模式为核心抓手，搭建了一整套完备、科学、符合景德镇玉禾田实际情况的管理体系，将员工的作业行为数据数字化、线上化、可视化，将作业状态即时、真实呈现，赋能传统线下管理，针对性配置作业资源，针对性解决问题，提升效能和品质。

城市环境服务系统，科学排班，实现无纸化管理。

作业云管理系统以人为核心，服务于管理人员及一线员工，做到精细化、数字化管理。管理人员通过作业云APP即可完成线上排班及自动考勤，代替考勤表、顶岗补助表等纸质表单，实现无纸化管理，精确计算工时、降低管理难度。根据自动排版及考勤记录，作业云系统自动核算薪酬，减少人工核算环节，规范化、标准化薪酬科目结构，降低管理成本，提高薪酬核算效率。同时员工岗位信息上传作业云系统，实现班次与岗位绑定，实现一人一岗、绝不超编、排班可控，降低了人工资源损耗。

环境天眼，人员数据可视化。

景德镇玉禾田通过作业云系统的客户端操作，在云端设

定人工作业范围围栏、作业班次时间、作业状态等数据规则。工人通过佩戴的电子工牌在划定的作业范围围栏内产生劳动纪律、作业状态的行为数据，与云端规则进行匹配并进行大数据运算，在客户操作端呈现考勤率、怠岗率、脱岗率、轨迹重叠等统计分析数据，实现对户外作业人员的管控。环境天眼通过将员工的行为数据数字化、线上化、可视化，将作业状态即时、真实呈现，赋能传统线下管理。景德镇玉禾田结合智慧作业云，职能部门针对存在问题（开展包括到场督导、人脸识别等管理工作，实现联合、督导、强化线下管理的作用）通过系统发送督查任务到作业管理人员，现场管理人员针对性配置作业资源，针对性解决问题，提升效能和品质。



环境天眼办件流转及统计，精准督察，数字化管控作业现场。

督查人员在日常巡查过程中，将发现的环境问题上传至作业云系统，形成环卫办件，结合系统实现人员快速调配，及时处理环境问题，通过“拍照-受理-指派-处理完成拍照-审核”的流转机制，实现专岗专责专办，有效提高问题处理效率及现场作业品质。同时系统自动形成统计分析报告，以便后期复盘。

BI 数据分析，精细化管理抓手。

作业云系统后台自动生成考勤异常原因分析、人工作业异常分析、部门指标排名、项目排班数据等重要数据分析。通过 BI 数据分析设立考核指标，通过大数据分析，快速甄别人工作业的薄弱环节，加强薄弱环节的管理尺度，提升作业效率。并可对所有环卫资源按人、部门、项目进行排名，优胜劣汰，实现多劳多得。



作业云系统的落地并不是一帆风顺的。为了让作业云系统更契合景德镇玉禾田的管理实际，集团总部专门派驻技术

人员给项目人员进行专项培训，并以点带面，对各部门一线管理干部进行作业云系统的专项实操培训；线下实行“三会三巡”，线上实现每日通报，并根据作业云系统推进情况落实绩效奖罚制度；管理团队多次召开专题调度会议，坚定数字化升级的大方向。

建立智慧调度中心，实现所有资源在线监管和实时调度。

景德镇玉禾田为不断升级环卫数字化建设工作，于今年5月建立指挥调度中心，将智慧环卫所有现场通过GIS系统（智慧大屏）展示垃圾收集点、收集站、中转站、公厕等环卫设施设备的分布情况，以及实时在线查看人员分布、人员作业状态、车辆分布及行驶状态，实现了对项目人员、车辆、设备的一张图掌握。并且针对突发事件，可通过系统对人员、车辆进行实时通讯进行资源调度。保障突发事件及时处理，同时提高了项目管理运作效率和管理水平。

到目前为止，景德镇玉禾田各版块作业人员均已通过作业云工牌实现电子化考勤全覆盖打卡功能，结合BI系统的数据分析及环境天眼的现场督查，两年多时间以来，景德镇玉禾田的作业云使用效率、管理水平、作业品质均得很大提高。可以说作业云系统的发展轨迹就是景德镇玉禾田数字化升级的真实历程。景德镇玉禾田将以人为核心，以作业云数字化管理系统为抓手，加强数据定量分析能力与水平，强化数据化管理平台与线下管理结合的方式，通过数字化管理工具，在作业管理、团队管理等方面进行针对性、精细化、量

化的完善升级，增强服务快速反应能力，帮助作业品质长足提升。

(来源：固废观察)

白云智慧城管走上华为开发者大会

近期，华为云举办“一城一云，共助城市迈向精细化‘智理’”政务高峰论坛，围绕一体化云平台、盘古政务大模型、数据要素等关键领域，打造城市“智”理新范式。会上，白云城管部门负责人作为嘉宾分享数据驱动下的智慧白云应用实践，讲解“白云智慧城管”建设理念。据悉，白云智慧城管建设项目近期还入选“2023年数字政府创新成果与实践案例”。

一、一网统管 4.5万多个城市部件实现可视化管理

白云区是广州市面积最大、常住人口最多的中心城区，城市治理任务也最为繁重。2017年以来，白云区携手华为云开展智慧城区建设，推进全区政务系统上云，提升全区政务信息资源统筹管理和集约化运营水平。目前，白云区已有30多个部门单位、180余个政务业务系统部署至区内政务云平

台，构建起“一屏观白云、一键连指挥、一门办业务、一网统管理”的社会治理格局。

近年来，基于白云区政务云底座，白云区城市管理和综合执法局（下称“白云区城管局”）以数字化建设为引擎，通过“数字上图”实现部件管理可视化、人员（物资）管理线上化、作业管理工单化、群众参与多元化。白云智慧城管系统上线以来，已将4.5万多个城市部件、1.4万多个城管物资纳入可视化动态管理，搭建起集感知、分析、服务、指挥、监察于一体的城市管理信息化平台。



二、“智”理创新 首推智慧环卫收费，智能监管垃圾偷倒和燃气安全

白云区城管局践行“人民城市人民建，人民城市为人民”的重要理念，以数据为支撑，以人民需求为导向、以解决问题为出发点，建设白云智慧城管平台，推进白云区城市治理

服务体系现代化建设，整体实现了由被动处置型向主动发现型、经验判断型向数据分析型、由人力密集型向人机交互型、由政府主导型向市民共治型“四个转变”。

大会上，白云区城管局负责人重点介绍了3个典型的城市管理场景——

在环卫收费监管方面，针对环卫收费不方便、难以监管、标准不统一等问题，白云区城管局开发并在广东首推环卫收费系统，通过小程序缴费实现环卫收费金额透明、应收尽收、一键缴费。该系统在松洲街槎龙村、同和街等试点近一个月以来，已收费1600多万元，远超同期水平。

在环卫压缩站管理方面，白云区城管局在全区59座压缩站安装了称重设备、AI抓拍摄像头、环境监测物联感知设备，采用物联网+AI技术加强对压缩站的动态感知，对未备案车辆进站、垃圾量环比超过10%等异常情况，形成工单督促镇街查找原因，实现垃圾量同比下降300多吨/天，间接节约财政资金近千万元。

在燃气监管方面，白云区城管局搭建智慧燃气安全巡检系统，督促全区1800多名送气工送气上门的同时落实专业性安全检查。据悉，目前已实现燃气安检83万多次，处置燃气安全隐患数据1000多条，有效预防燃气安全事故发生。

三、携手华为云成立全国首个盘古政务大模型 助力白云智慧城管高质量发展

本次华为开发者大会 2023 (Cloud) 全新发布的华为云盘古政务大模型，让政务视频、政务交互、政务治理等场景的算法训练效能、内容生成质量等得到了进一步提升。近期白云区城管局携手华为云持续深化白云智慧城管建设，探索华为云盘古政务大模型、数据库在城市治理领域的创新应用，并已成立全国首个盘古政务大模型实验室，对占道经营、垃圾堆积、城中村治理等城市治理典型场景展开全面交流。

在政务视频领域，相比于传统的“判别式”算法，华为云盘古政务大模型（政务 CV 大模型）具备更好的通用性和泛化性，相当于为摄像头加上智慧大脑，实现 7*24 小时不间断“慧眼识事”；面向政务交互领域，盘古政务大模型（政务 NLP 大模型）相比人工答复效率提升 100%，可以实现政务热线的自然语言对话，意图精准识别和问题准确回答，让政务咨询更加专业和有温度，让智能热线、数字讲解员等场景拥有更流畅、更智能的体验。

华为云盘古政务大模型将助力白云智慧城管系统提升图片、文本等数据分析精度及速度，实现城市管理事件自动立案、自动审核预结案，加速白云区形成告警推送、互联互通、快速反应的城市运行管理中心，赋能城市应用智能升级。

（来源：白云区城市管理和综合执法局供稿）

垃圾焚烧飞灰低温热分解高效资源化处置技术

一、技术研发背景

近年来国内生活垃圾焚烧规模不断扩大，生活垃圾焚烧飞灰（简称飞灰）产量连年增加。飞灰是生活垃圾焚烧厂烟气净化系统捕集物和烟道及烟囱底部沉降的底灰，飞灰中因含有二噁英等强致癌有机污染物和 Cr、Cd、Hg 等重金属，属于危险废物。

根据《“十四五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》，2025 年底，我国飞灰产生量将达到约 1460 万吨（根据 80 万吨/d 的城镇生活垃圾焚烧量估算）。国务院办公厅关于印发“无废城市”建设试点工作方案的通知，要求以大宗工业固体废弃物、主要农业废弃物、危险废物等为重点，实现源头大幅减量、充分资源化利用和安全处置，总结试点经验做法，形成一批可复制、可推广的“无废城市”建设示范模式。

目前飞灰的主要处置方式是固化稳定化后填埋，但是填埋并不能彻底解决飞灰的污染问题，而且全国大中型城市垃圾填埋场与危险废弃物填埋场的容量趋近于饱和。一方面有害物质未能得到有效的去除，另一方面填埋处置占用大量的土地资源，因此填埋处置方式不符合可持续发展的环境理念。

《危险废物填埋污染控制标准》新标的推行对水溶性盐、重金属浸出等指标要求的收紧，限制了飞灰进入柔性填埋，增加了飞灰整合的成本和难度，刚性填埋场面对处置价格和趋零填埋的趋势，后续将退出垃圾焚烧飞灰填埋市场，飞灰资源化技术成为当前政策背景下的必要条件。

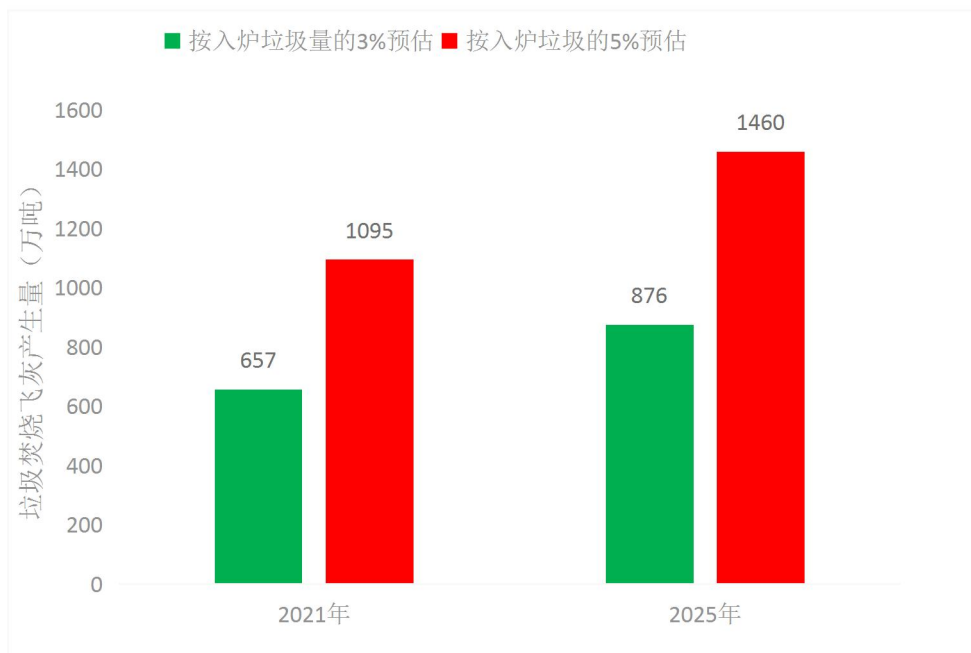


图 1 2025 年垃圾焚烧飞灰预估产生量

目前，我国已经实现产业化的垃圾焚烧飞灰零填埋技术，主要有水泥窑协同处置，高温烧结制陶粒、等离子体熔融和低温热分解解毒飞灰常温资源化等。多元化的飞灰资源化工艺布局，有利于地区长远规划，符合区域资源化长远布局，避免单一资源化方式未来可能带来的局限因素；早期飞灰资源化工艺以水泥窑协同处置为主流，极少有其他工艺的配置，该处理方式应用较为广泛，但其受限于建材产能影响，掺混

比例有限，随着全国水泥需求量的逐年降低，可协同处置的飞灰量有限；针对目前飞灰处理面临的一些问题，浙江京兰环保科技有限公司研发出了一种“低温热分解+飞灰水洗脱氯”处置技术，该技术热解温度达到 350℃时，就可有效分解飞灰中 99%以上的二噁英，能有效处理二噁英并杜绝再生成问题，能耗较低。并且处理后的飞灰具备较高的建材化活性，可应用于多种建材产品生产中，具有较大的技术和市场优势。目前该公司已在浙江省湖州市实施了国内首个采用“低温热分解+飞灰水洗脱氯”技术处置生活垃圾焚烧飞灰产业化示范项目，并承担了国家重点研究发展计划固废资源化项目。

二、处理工艺流程

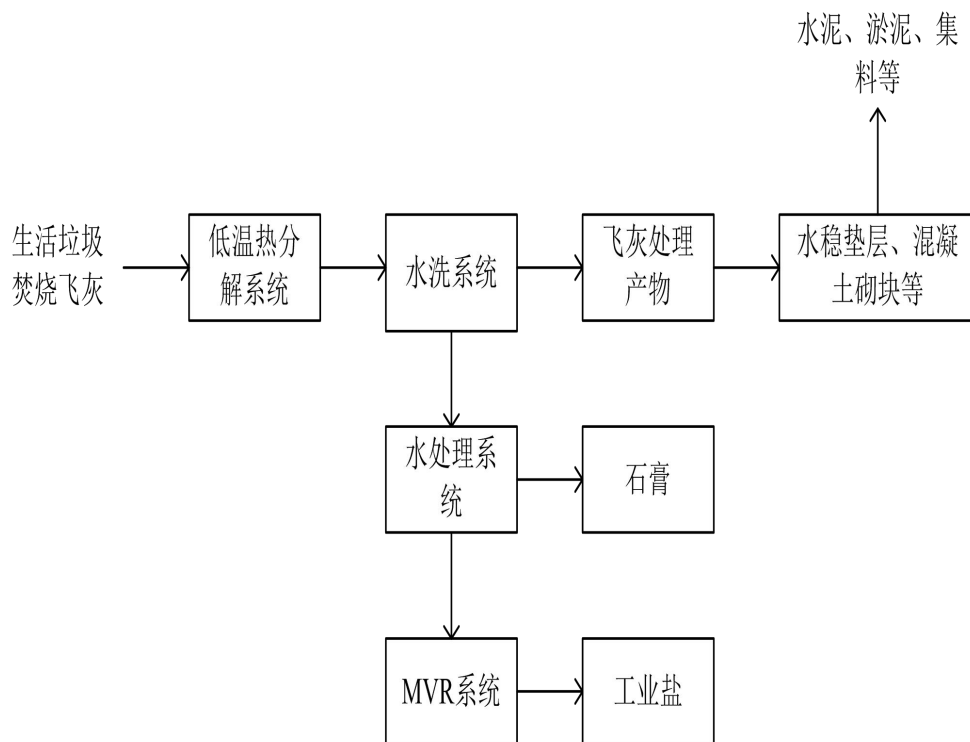


图 2 飞灰资源化无害化利用技术工艺流程图

生活垃圾焚烧飞灰经低温热分解去除二噁英后，进行水洗除氯，水洗过程产生的泥水混合物经压滤脱水后含水率低于 30%，脱水飞灰经机械化学法提质后进入水稳材料、混凝土掺和料、加气砖、骨料、非活性混合材等非高温建材化生产环节，水洗过程产生的废水的处置采用化学法去除重金属和钙离子后废水利用蒸发器进行蒸发结晶制工业盐。

三、技术优势

低温热处置是指利用比传统热处置低很多的温度来对飞灰中的二噁英进行降解的飞灰无害化处置技术。在氧化性气氛下，飞灰中的二噁英需要很高的温度（400-600℃）才能降解；本技术中，飞灰在惰性气氛下，加热温度低至 350℃，加热时间 30min 时，二噁英降解率可达到 99%以上，低温热解后的飞灰中二噁英含量可稳定达到 30ng-TEQ/kg 以下，低于 HJ1134—2020《生活垃圾焚烧飞灰污染控制技术规范》中规定的处理产物中二噁英类残留的总量应不超过 50ng-TEQ/kg。

现有技术手段中，固化填埋技术需要对飞灰进行稳定后有所增容，污染物填埋后浪费土地资源，并非长久之计。热处置技术中，低温热解凭借其优秀的能耗表现，是未来飞灰无害化处置方法的主要趋势。几种垃圾焚烧飞灰热处置技术中，低温热解技术凭借其远低于其他热处置技术的加热温度要求，在能耗方面有着巨大优势，在相同处理量下，低温热

分解装置的连续运行是其他热处置方法的 1/5-1/3 左右。并且在低能耗的同时，保证了能够处理垃圾焚烧飞灰，其中二噁英的降解率达 99%以上，且有效防止二噁英再生成。

分类	处置技术	技术原理	优势	劣势
固化填埋技术	水泥固化	1) 水泥水化产物包裹重金属 2) 重金属进入 Si-Al 网格结构，形成的 M-Al 化学键平衡了电荷，使重金属得到稳定	能够有效稳定多种重金属，工艺简单，成本较低	增容大、增重大，Cr 固化效果较差，二噁英未被处理，水泥强度下降
	化学药剂固化	通过添加药剂与重金属化合物反应，使重金属离子从易溶易浸出形态转变为难溶难浸出形态。	增容少，工艺简单，可实现规模化，产物具有资源化利用条件。	试剂价格昂贵，对重金属的固定具有选择性，对二噁英/呋喃的无害化处理研究较少，填埋后浪费土地资源。
热处理技术	烧结法	在 700-1200℃ 范围内处理，排出飞灰中大部分气孔，形成致密烧结体。	减容率高，能有效处置重金属和二噁英。	工艺复杂，尾气难处理，产生二次飞灰。
	水泥窑协同处置飞灰	利用水泥窑中 1600-2200℃ 的高温和封闭环境将飞灰中的二噁英彻底分解，并将重金属固化在水泥熟料中。	一些飞灰产量较大的地区没有水泥窑，导致该技术受制于水泥窑场地限制，无法实现协同处置；中小城市飞灰产量较少，考虑到水洗预处理投资费用高等经济因素，采用水泥窑协同处置技术存在成本高的问题。	结合水洗生产出的水泥熟料氯含量低，重金属固化效果好，二噁英被彻底分解，在我国已达到工业化应用水平，标准体系较完善，环境安全风险小。
	熔融法 & 玻璃化法	在 1200-1500℃ 范围内加热飞灰(玻璃化法还需要外加添加剂)至熔融态，冷却后产生致密稳定的玻璃体熔渣。	减容效果好，无废液产生，重金属被有效封存在玻璃体熔渣中，且熔渣可用作高质量建材。	高能耗，高成本，尾部烟气中的二噁英再生成问题，烟气或二次飞灰中含易挥发重金属。
	低温热分解	热解温度在 350℃ 时，可有效分解飞灰中 99% 以上的二噁英。	有效处理二噁英并杜绝再生成问题，能耗低。	重金属未得到有效处理，需要维持惰性气氛。

表 1 不同处置方式技术对比

低温热分解技术对比其他现有工艺，具有以下优势：

（一）单项目完成飞灰有毒有害物质协同去除

垃圾焚烧飞灰中的有毒有害成分主要为有强致癌的有机物“二噁英”及微量无机重金属，而低温热解+资源化处理工艺，首先通过低温绝氧热解工艺，将飞灰中的二噁英进行热分解，大幅度降低飞灰中的二噁英浓度，处理效率可达99%，真正实现二噁英的受控分解，飞灰中的二噁英浓度小于30ng-TEQ/kg，优于环保标准要求。

完成热解后的飞灰，通过促溶梯级逆流漂洗工艺，将飞灰中的可溶重金属固液相转移，洗脱进水洗废液中。水洗废液中的重金属通过特有的重金属脱除工序，将重金属离子反应浓缩为重金属污泥，外委其他单位进行提炼或者其他处置。经过处理的飞灰处理产物重金属浸出满足《生活垃圾焚烧飞灰污染控制技术规范》（HJ1134-2020）的要求。通过以上工艺飞灰的有毒有害物质显著降低，赋予飞灰资源化利用的可能。

（二）可用矿物成分分质分离，赋予飞灰资源禀赋，实现循环经济

飞灰中主要的成分为钙、硅、铝类矿物质成分，以及盐类氯化物。飞灰作为垃圾焚烧的残余物，其为经过高温产生，同时其颗粒粒径分布较好，具有较好的活性。低温热分解技

术在将飞灰中的有毒有害成分去除后，通过水洗工艺将钙、硅、铝类矿物成分和盐类氯化物进行分开，盐类氯化物通过MVR蒸发结晶分盐及废水零排放技术，将盐类氯化物分离提纯为工业氯化钠、氯化钾，作为产品进行外售处理，获得良好的经济效益。水洗后的残余物飞灰处理产物，含有大量的钙、硅、铝类矿物成分，钙类化合物含量高达80%，且组成颗粒的细度、均匀度较高，是建材行业优良的钙基添加材料，可获得良好的原料替代经济效益。

（三）飞灰产物提质提活，拓宽应用场景

对于飞灰处理产物来说，其含有大量的钙、硅、铝类矿物成分，钙类化合物含量高达80%，且组成颗粒的细度、均匀度较高。结合低温热分解技术的机械化学提质提活工序，产物活性可提高40%，重金属浸出进一步降低90%，该公司已与下游水泥砖、环保砖、水稳材料及加气砖等建材厂家进行了试用，建材产品满足《固体废物再生利用污染防治技术导则》的环保要求以及相应产品的技术标准。

（四）处置能耗低、污染物近零排放、占地面积小

京兰环保采用低温热处理工艺，热理工段化石能源消耗仅为高温处理工艺的15%，依托绝氧热解工艺，废气污染物排放极少，仅为其他高温工艺的几十分之一，接近净零排放水平。处置工艺生产废水零外排，全部进行资源化回收利用，同时伴随工艺演进，新型标准工厂集飞灰处置、资源利

用、科普宣教于一体进行设计，在获得良好的生态示范的同时，项目占地对比同类降低 30%，综合效益明显。

应用案例：

项目名称：湖州市垃圾飞灰无害化处置资源化利用项目

项目地点：浙江省湖州市吴兴区

项目规模：5 万吨/年

项目工艺：低温热分解高效资源化处置技术



湖州 5 万吨/年示范工程项目图

项目的目的及意义：该项目为国内首个低温热分解生活垃圾焚烧飞灰无害化处置资源化利用示范工程。项目建设的主要目的是为验证垃圾焚烧飞灰低温热分解资源化工艺实施的可行性，并通过试验确认低温热分解装置的核心设计参数。通过该项目的实际验证，采用低温热分解+水洗除杂+蒸发结晶分盐工艺可以将垃圾焚烧飞灰中的二噁英、可溶性氯

盐及重金属等进行去除，并完成垃圾焚烧飞灰中可资源化工工业盐成分的高质回收。处置后的飞灰处理产物满足《生活垃圾焚烧飞灰污染控制技术规范（试行）》（HJ1134-2020）的要求，可作为一般固体废物的再生利用。该项目的实施证明低温热分解资源化处置工艺对于飞灰的处置工艺可行、成本可控、稳定可靠，对飞灰处置行业具有较大的经济和环境促进。

（来源：浙江京兰环保科技有限公司供稿）

报：陶镇广、张颖、谭斌、何正清、徐书同、尹自永、
谭礼和

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 2023年9月25日

编审：李湛江 朱云

编辑：罗志红 电话：81073291