

城市管理

科技信息简报

2023 年第 10 期

广州市城市管理技术研究中心

2023 年 10 月 28 日

本期要目

- ◆ 上海可回收物产量及资源化趋势
- ◆ 北京构建韧性城市综合运行监测管理新模式
- ◆ 基于生命周期评价的生活垃圾焚烧发电碳足迹研究
- ◆ “无废亚运”：从理念到比比皆是的绿色细节
- ◆ 广州探索“六位一体”监管模式 护航生活垃圾零填埋
- ◆ 山东漳州首个科技赋能智慧分类垃圾屋亮相
- ◆ 广州各区垃圾分类有实招

目 录

垃圾分类

深圳在垃圾分类上争做先行示范	1
山东漳州首个科技赋能智慧分类垃圾屋亮相	6
广州各区垃圾分类有实招	15

垃圾处理

广州探索“六位一体”监管模式 护航生活垃圾零填埋	16
全国首个大规模餐厨垃圾沼气制氢加氢一体化项目在佛山投产	20
“无废亚运”：从理念到比比皆是的绿色细节	24

技术前沿

上海可回收物产量及资源化趋势	29
北京构建韧性城市综合运行监测管理新模式	35
基于生命周期评价的生活垃圾焚烧发电碳足迹研究	41

深圳在垃圾分类上争做先行示范

9月1日是《深圳市生活垃圾分类管理条例》（以下简称条例）实施三周年。三年来，《条例》在深圳落地、生根、结果，深圳以先行示范区的担当和标准全面推进垃圾分类工作。

9月13日下午，“《条例》三周年宣传活动暨高校开学第一课启动仪式”在深能环保龙岗能源生态园开启。通过活动持续做好垃圾分类宣传教育，加大普法力度，推动《条例》的进一步贯彻实施。



久久为功办实事 深圳垃圾回收处置量“三增一减”

《条例》推动深圳垃圾分类从“倡议时代”进入“强制时代”。宣传活动现场播放了《条例》三周年的快闪视频，总结三年来垃圾分类工作取得的主要成效。同时，垃圾分类推广大使王石、朗朗，垃圾分类优秀物业代表

和志愿者代表等也纷纷录制宣导视频，殷切表达对《条例》三周年的祝福与期盼。

据悉，在深圳各区及广大市民的共同努力下，全市垃圾分类工作在全程管理、全链提升、全域推进、全民参与方面取得积极进展。与三年前相比，深圳垃圾回收处置量实现“三增一减”。可回收物回收量增长 50.3%，有害垃圾回收量增长 49.1%，厨余垃圾回收量增长 200%，其他垃圾处置量下降 7.9%。全市生活垃圾回收利用率和资源化利用率分别达 48.8%和 87.7%，位居全国前列。其中，厨余垃圾分类难度大，其分类率是评估垃圾分类工作的关键指标，深圳厨余垃圾分类率达到 26.1%，远超住房和城乡建设部规定的 20%标准线，全市生活垃圾减量和资源化利用水平得到长足提升。

通过数据看变化，这一串串简单直观的数据背后，映衬着的是一幕幕入户宣导、精准投放、现场督导、减量处理的鲜活场景，凝聚着的是一个个坚持垃圾分类的市民、家庭以及小区踊跃参与分类投放的正向能量。

接下来《条例》三周年宣教工作还将持续开展“知识竞赛”“熊熊看分类”“科普馆参观”“达人评比”“点亮蒲公英”“爱心童市”“芬享嘉年华”等七大系列主题活动，进一步推动垃圾分类工作走深走实。其中关于“点亮蒲公英”线上活动，市民可通过微信搜索“深

分类”小程序，进入“点亮蒲公英”专区，或通过“深分类”和“美丽深圳”公众号的推文活动入口参与行动。通过全民线上分类打卡、每日签到等方式获得能量值，积累的能量都可用于点亮所在街道的“蒲公英”标志。市民贡献的能量越多，标志亮度越亮，所在街道和行政区在全市地图当中的亮度也就越高，从而直观展示各区各街道生活垃圾分类实践参与热度。此外，连续打卡14天的市民还将获得特别的感谢语，作为对持续参与行动和鼓励。

科普宣教领新潮 开学第一课走进龙岗能源生态园

近期，龙岗、南山、龙华等区联合18所高校开展高校开学第一课，组织蒲公英志愿讲师走进高校，开展垃圾分类讲座，普及分类知识，传播环保理念，促进分类习惯养成。

高校学生代表走进深能环保龙岗能源生态园，学生们依次参观馆内深能印象、数控之眼、命运与共、生态绿谷、水生之境五大主题空间，了解城市固体废弃物处理工艺过程，学习垃圾分类焚烧在园区内无害化处置的科学知识。不少学生感叹：“原以为垃圾处理厂脏乱不堪、臭气熏天，从来没想过垃圾分类还能和艺术观赏融为一体。”

学生们在参观中领取任务卡，积极思考，高校学生代表赵佳临表示，此次活动通过实地参观、互动体验等方式，将垃圾分类教育自然融入，宣传普及垃圾分类政策法规、专业知识。作为新一代大学生，更应该推动垃圾分类成为校园低碳生活新时尚。

据了解，深能环保龙岗能源生态园，建设规模为日处理生活垃圾 5100 吨，是世界最优排放水平的垃圾发电厂之一，也是国内该行业唯一入选国家重大工程档案项目。根据生态环境部有关数据，在 504 家垃圾焚烧企业参与的“2020 年烟气减排控制能力评比”中，龙岗能源生态园排名第一。

传递文明多维度全方位 推动垃圾分类习惯养成

在《条例》实施三年取得成效的背后，是深圳高质量抓好垃圾分类五大“维度”，全方位推动习惯养成。

规范执法检查“尺度”，执法有态度更有温度，垃圾分类落地出成效。城管部门采取“四不两直”的方式，建立了市、区、街道、社区四级行走督察机制，以及覆盖集贸市场、商务写字楼等 14 类公共场所的联合检查机制。今年 5 月份，深圳城管部门创新科普形式，让市民群众喜闻乐见的“熊出没”（熊大、熊二）化身“深圳市生活垃圾分类推广大使”，走上“熊熊看分类”普

法宣传品牌栏目，栏目线上线下双线并行，潜移默化传递“垃圾分类新时尚”。

提升系统运行“精度”，分类体系涵盖全过程，有效避免“前分后混”。在前端，深圳全面推行“集中分类投放+定时定点督导”分类模式，在住宅区（城中村）设置 2.1 万个生活垃圾集中分类投放点。在中端，对各类垃圾实行专车专运，已配备各类收运车辆 3240 台。在末端，加快建设进度，建立各类生活垃圾分类处理设施 147 座，其中厨余垃圾处理设施处理能力达 6693 吨/日。

拓展宣传教育“广度”，多层次动员社会，市民参与更踊跃。一方面，深圳城管部门实施“蒲公英计划”，全面开展垃圾分类公众宣传教育，获国家住建部向全国推广。开展“蒲公英校园”建设，培育 3256 名蒲公英教师。1792 所学校开展“牛奶盒资源清洗回收行动”，共回收牛奶盒约 460.48 吨，约 5756 万个。另一方面，深圳垃圾分类科普教育基地也在大显身手，建成 27 个市-区-街三级垃圾分类科普教育体系，示范教育基地数量全国领先。

强化基层治理“力度”，党建引领抓实抓细，分类融入社区治理。过去两年深圳启动实行垃圾分类百分百行动，评选出 200 个“百优社区”和 22 名“百分书记”，

树立了典型示范。从 2023 年开始，以街道为实施主体，以社区为行动单元，以前端分类投放为重点，以信息化管理为支撑，以“工作要求百分百落实、14 类场所百分百到位、全市社区百分百达标”为主要目标，在全市范围内开展垃圾分类融入基层治理“百分百行动”全覆盖工作，争取用三年时间持续夯实垃圾分类工作基层基础。

提高为民服务“温度”，过程监管更智慧，公众互动更高效。以人为本，市城管部门畅通民生诉求响应机制。便民惠民，市城管部门上线公众互动服务平台。开发启动“志愿督导预约平台”“垃圾分类科普教育馆预约系统”“垃圾分类查询系统”等小程序，让市民轻松、高效、便捷了解和参与垃圾分类。

（来源：深圳特区报）

山东漳州首个科技赋能智慧分类垃圾屋亮相

近期，山东省漳州市城央金座小区智慧垃圾分类碳中和升级改造试点启动，小区的垃圾屋迎来了一次全面智能化升级，不仅可以回收变现，还可以通过累积碳减排量，实现居民日常碳减排的累积和兑换，提高居民的垃圾分类积极性和分类准确率，为数字漳州，绿碳漳州发展助力。

来到城央金座小区，首先映入眼帘的是小区入口处的一座科技感十足、可用于投放厨余垃圾和其他垃圾的智能垃圾屋。



可以看出，经过智能升级改造后的垃圾屋和以前不大相同。相比普通垃圾屋，城央金座小区的垃圾屋在归类方面更凸显针对性，在原有的基础上将可回收物和有害垃圾单独收集，只留下厨余垃圾和其他垃圾回收投放口。且升级后的垃圾屋集多项功能于一身，整体配置了智能分类屋、智能可回收箱、AI 监控摄像头，不仅能实现垃圾分类，它们还有着“聪明的头脑”。

一、人脸识别投递

改造后的智能垃圾屋配置人脸、扫码等多种便捷开门方式，居民只要在首次注册后，就可以通过“刷脸”开窗进行“零接触”投放。同时，垃圾屋还配备 AI 视频监控+重量传感器，应用边缘 AI 智能视频识别技术，可实时监控投放和箱体内部装载情况，还能通过实时智能分析和识别，对投放

点乱丢垃圾等违规行为进行实时自动抓拍和报警，并现场进行语音提醒，同时将违规投放数据推送到大数据管理平台和管理人员手机 APP，还可以进行远程喊话，实现了垃圾分类投放行为的无人智能监管。



人脸识别投递

有关负责人表示：通过智能升级，一方面为了让垃圾投放更便捷，实现“零接触”。另一方面也是为了起到督促效果，让居民养成一个良好的垃圾分类习惯，针对屡教不改的居民，后续将根据监控记录，采取相应的措施。



智能可回收箱

二、智能称重、可回收价值提现

此外，升级完的智能分类屋都同步配置了智能可回收箱“专职”回收可回收物。特别值得一提的是，它不仅能 24 小时提供服务，还支持“返现”功能。在首次注册之后，居民就可在智能可回收箱投递金属、纸皮、纺织物、塑料等可回收物品，智能可回收箱会根据投放的各类回收物，自动称重后计算成碳减排量和对应的碳积分，并计入个人绿碳账户，累积到一定碳积分后，碳积分可在线上“绿碳星球”小程序的积分商城进行兑换，直接计量变现，甚至碳减排量和碳积分在未来还可以兑换数字人民币红包进行消费使用。当然，为了更好的引导居民做好垃圾分类，智能可回收箱也同样配备 AI 视频监控+重量传感器，适时监控投放和箱体内部装载情况，针对“变相加重”等违规投放行为和达到满载标准就会触发系统预警，全方位提升现有前端投放设施和分类效果。



居民在志愿者引导下投递可回收物



自动称重后计算成碳减排量和对应的碳积分

据悉，试行期间工作人员派专人驻守在设施前，向前来投掷垃圾的居民进行现场教学，方便他们更好地使用。同时为了更好鼓励居民参与垃圾分类，新注册智能可回收箱用户，即可获得一次“博饼券”，每天积分上限为9积分，在累积到一定碳积分后，也可以在现场兑换“博饼券”，届时将在小区内开展线下活动，供居民现场兑换。“新更换的设备，确实令人眼前一亮，挺有意思的，尤其是这个返现功能，确实有被吸引到，让我更有兴趣来参与垃圾分类。”前来投递的小区居民表示。

为了更好地检测小区垃圾分类情况，升级后所有垃圾投放设施均连接了垃圾分类碳中和大数据平台，平台将会根据小区各类垃圾的投放情况，按标准计算减碳指标数据，实时可视化展示服务区域的各类垃圾投放量、碳减排量；居民参与情况，减碳排行、分类减量等数据。

链接：<https://www.cn-hw.net/article/detail/909036524887080960>

广州各区垃圾分类有实招

10月10日，广州市城市管理和综合执法局局长陶镇广主持召开了今年第三季度垃圾分类工作点评会，广州市各区相关负责人在会上分享了垃圾分类工作经验，其中尤以天河区、黄埔区、南沙区、番禺区及白云区的垃圾分类工作更为突出，现把各区垃圾分类工作亮点提炼出来，以供大家参考：

一、越秀区完善月度点评 规范厨余垃圾收运

（一）建立并完善月度点评机制。将本市第三方月评估情况、厨余垃圾分类情况、垃圾分类执法情况、督导专班发现问题及每月暗访情况纳入每月点评内容，将点评与约谈相结合，逐步压实街道责任。（二）规范分类收运作业。组织各街重新梳理、规范厨余垃圾收运线路，确保厨余垃圾应收尽收，强化餐厨垃圾收运全流程管控。

二、海珠区狠抓点位管养 用好执法威慑

（一）狠抓点位管养。海珠区对521个物业小区实施“分级分层”管理，评定A、B、C三个档，按照“奖好帮中扶差”，对后进小区开展实地帮扶，促进小区管理提档增效。（二）用好执法威慑。该区加强餐饮单位开展执法检查，有效打击违规收运行为。促进餐饮单位餐厨垃圾应收尽收，第三季厨余分类率由上半年平均18%提升至20%。

三、荔湾区强化统筹推进 提升垃圾分类投放点

（一）常态长效统筹推进。一是到成绩落后的街道进行调研帮扶，促整改抓落实；二是召开星级投放点建设管养专题研究会，完善日常管养机制。开展星级投放点业务知识考核工作，提升工作人员业务能力和水平。（二）创新思路打造特色。分批次优化提升全区垃圾分类投放点，并依托西关大屋—荔枝湾、沙面、永庆坊打造垃圾分类精品示范路线。

四、天河区加强精细管养 推行垃圾分类共管共治机制

（一）精细管养进一步提升。制定精细化管理规范指引，培训落实站桶人员“七项职责”，管理人员“四查两问”，进一步规范站桶劝导行为；常态化“三清三洗”，提升投放环境；建成天河区垃圾分类数字化、智能化管理平台，提升投放点监管时效。（二）厨余垃圾量呈增长趋势。围绕“稳定存量，挖掘增量，严查偷运”的工作思路，开展全区厨余垃圾增量和专项执法整治行动，在城中村食街试点“以桶代点”模式，安排专项执法力量日巡夜查，打击私运、偷运，防止厨余垃圾外流。（三）垃圾分类行业共管效能提升。推行“3+1+1”垃圾分类共管共治机制，分类、环卫、执法、居委、物业协同履职尽责；对教育、住建、卫生等重点行业开展专项检查，开展行业垃圾分类专题辅导培训；推行垃圾分类问题“三抄告”机制。

五、白云区坚持垃圾分类减量 强化智慧分类

（一）始终坚持分类减量。一是分类体系持续完善。收运生活垃圾113.03万吨，较2022年同期零增长，厨余垃圾分类率超22%。二是坚持大分流，细分类。持续规范废弃食

用油脂规范收运，收运峰值超50吨/天；开展旧衣回收、低值可回收物一袋回收、大件废弃家具回收。（二）始终坚持智慧分类。一是小区投放点实现工单整改闭环、智能打卡、线上值守巡查，白云区信息化建设项目荣获“2023数字政府创新成果奖”。二是与华为公司合建“盘古实验室”，提升投放点工单整改智能审查能力；研发“数字人”，强化垃圾分类宣传教育手段。（三）始终坚持制度完善。坚持“线上+线下”巡查制度，市政+执法“扫街”制度；规范小区执法守点标准流程；不断理顺城中村农村分类收运体系。

六、黄埔区坚持考核督导常态化 强化科技赋能

（一）坚持以考促改，强化主体责任。广泛征求街镇的反馈意见，跟进市级考核要求，将量化指标与街镇具体实际工作紧密结合，进一步实现考核的督导常态化、主体多元化、内容科学化。定期召开区生活垃圾分类管理联席会议审议考核成绩，发挥考核的“指挥棒”作用。（二）坚持科技赋能，强化点位品质。坚持以更新的理念推进点位的科学化、品质化管养。一方面，搭建远程监管平台，利用智能提醒、远程督导等功能，以更高效率推动“他律”向“自律”转变。另一方面，推动厢房式投放点升级，根据周边居民实际需求调整投放时间，切实提升居民垃圾投放体验感。

七、花都区运用管理+执法模式 提升投放成效

（一）以督导检查“聚力”，强化高位推动。运用“管理+执法”工作模式，通过高密度督查和交叉检查形成辐射效应。（二）以精细管理“赋能”，提升投放成效。对管理

人员加强培训考核，对投放点实行清单式、差异化管理，优化值守制度，加强点位管养。

八、番禺区加强小区重点帮扶 优化点位提升

（一）小区重点帮扶。筛选问题较多小区开展重点帮扶工作，每月对重点帮扶小区物管负责人、所在社区书记约谈提醒；区城管局牵头成立联合工作组，每周对名单上小区现场检查督办，对屡教不改执法处罚。（二）点位优化提升。对全区因长期使用破损、功能缺失的亭架式投放点，优先分批次进行厢房式改造；针对部分无物业开放式社区，试行“流动投放点+固定投放点”收运模式，解决选址建设难、投放时段不规律问题。

九、南沙区构建垃圾分类制度体系 落实垃圾分类重点

（一）构建垃圾分类制度体系。构建区、镇（街）、社区（村）三级垃圾分类联席会议议事机构。形成各级分工负责、层层抓落实的强大合力；实施领导挂点督导、暗访、约谈工作机制。区领导充分发挥“头雁”效应，挂点各镇（街），开展“四不两直”暗访3次，对降为C档的3个小区进行约谈；创新分类“八项”管理机制。重点是交叉巡检、日常对接、交办督办、联合执法、重点复检等，及时发现问题，落实立行立改。（二）狠抓分类重点工作落实落细。一是对物管小区进行分类分档。全区135个物管小区，A档70个占51.8%，B档33个占40.7%，C档10个占7.5%。拟培育一批星级小区、提升一批短板小区、解决一批问题小区。二是完成113个箱房式投放点优化提升，创建21个星级投放点，

10 条示范村创建按计划推进。三是印发粤港澳大湾区南沙生活垃圾分类三个先行示范区创建工作方案。在南沙湾创建“资源循环利用”示范物业居住区，在庆盛枢纽创建“环保低碳”示范校园区，在南沙枢纽创建“绿色低碳”示范社区。

十、增城区强化提质服务 严抓监督执法

（一）坚持提质服务，优化分类环境。联合住建、规划、属地镇街定期开展小区投放点排查，对 7 个建设进度慢的新建小区列入重点督导名单，确保把投放点建在前面，从源头上减少邻避投诉，不断提升生活垃圾分类投放环境。开展全区综合行政执法系统垃圾分类业务培训，强化队伍建设，以考促学，以学促管。（二）坚持巩固提升，严抓监督执法。持续开展分类执法，每周二组织镇街开展垃圾分类统一执法行动，联合农业、市场监管部门开展餐厨垃圾收运专项整治行动。

十一、从化区破解分类难题 完善设施建设

（一）破解分类难题。区分类联席办组织住建、教育、市场等部门，对投放点管养水平不高、三类单位设施配置不全、垃圾混收混运、点外设桶四类问题开展“百日攻坚”联合执法行动。（二）完善设施建设。在城区按照“三化”（建设品质化、管理精细化、服务精心化）目标打造星级投放点。

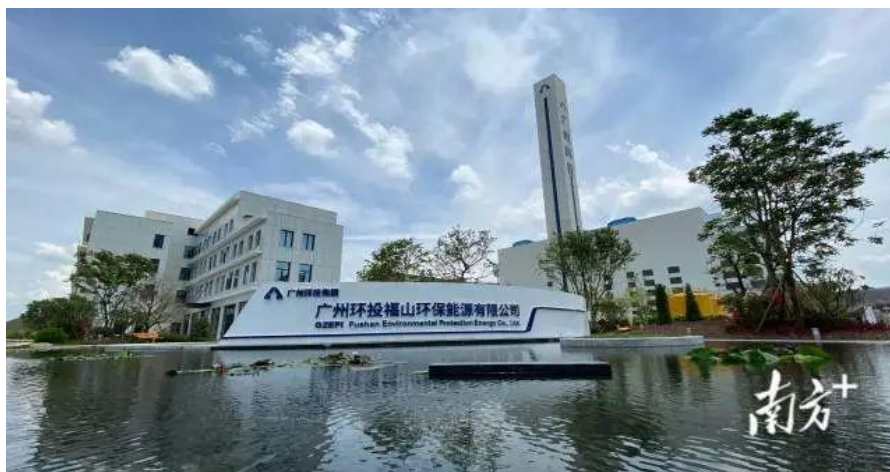
（来源：广州市城市管理和综合执法局）

广州探索“六位一体”监管模式 护航生活垃圾零填埋

广州是最早一批实行终端设施政府监管的城市之一，广州市生活废弃物管理中心（下称“废管中心”）经过20多年摸索，已经形成了一套以驻场监管、村民监管、远程监控、环境监测、考核评分、信息公开相结合的“六位一体”监管模式，为超大型城市生活垃圾分类提供了强劲的后端支持力量。

实现零填埋构建七大循环经济产业园

沿着小路蜿蜒向上走，灌木和小花园点缀在山坡间，精心布置的园艺景观、色彩鲜艳的慢行步道，福山循环经济产业园仿佛是一座美丽的花园。广州福山循环经济产业园的建设和成就是广州超前规划布局建设七大循环经济产业园区的一个缩影。



处于改革开放前沿的广州，早就视“垃圾”为发展之路上的大问题。人民群众对美好生活的向往决不是“垃圾围城”，而是环保绿色。广州的高质量发展要走在全国的前列，就必须高瞻远瞩，先人一步。广州市超前规划布局建设七大循环经济产业园区，建成垃圾终端设施24座，总处理能力达到3.9万吨/日，位居国内首位，基本解决广州垃圾处理总需求。

“安全和环保问题是大家关心的重点，目前我们的焚烧厂和生物质厂采用的生产工艺路线均是行业中排在前列的，技术路线成熟稳定，能够保障设施安全稳定运行。各设施的环保排放设计指标均是严格按照国家标准的，尤其是焚烧厂的环保排放指标是对标欧盟标准，比国内行业标准还要严格。”福山公司有关负责人介绍。

超前规划探路终端设施政府监管

福山循环经济产业园在一片青山的怀抱之中，随着2021年广州市资源热电厂二期项目点火试烧，广州已经成为国内生活垃圾焚烧处理能力排名第一的城市、国内第一个实现原生生活垃圾“零填埋”的超大型城市、国内第一个实现生活垃圾焚烧处理能力满足城市未来发展需求的城市。如今，通过协同处置，实现园区内热、电、气供应协同联动，固体废弃物全链条处理，最大程度地实现资源协同、循环利用、环境和谐。



办公室楼前的景观池里，养鱼的沉池水正是生活垃圾分类处理的“中水”；在焚烧炉膛内，滤干水分的其他垃圾经过五个阶段的焚烧转化为多种资源；生活垃圾焚烧后产生的炉渣还可制成环保砖……“一废”变“四宝”的过程中依靠广州先进的生活垃圾处理技术，同时也离不开对这些终端设施的监管。

广州从2002年开始开展生活废弃物管理，经过二十年左右的探索，广州的实践在顶层政策、管理、培训、多环节联动等方面都取得了一定的成效，广州的模式也给超大型城市提供了一个探索样本。在政策设计上，广州紧跟工作实际，在2023年3月至7月完成了对《广州市生活垃圾终端处理设施运营监管办法》（下称《办法》）的修订印发。这一次修订主要是进一步明确广州市终端设施运营监管实行市、区分级负责制，由市城管部门负

责全市终端设施的统筹协调和监督管理，其中番禺、花都、南沙、从化、增城区设施则由各区城管局实行属地监管，其余原中心区设施则由废管中心进行日常监管，同时对区城管局监督管理工作进行业务指导，从而形成完整的市、区分级监管架构。废管中心持续完善监管模式。坚持科学引领，精准识变、科学应变、主动求变，在2021年推出清单式监管，将设施运营划分为以安全、环保为重点监管和以台账、手续为主的一般性监管。利用科学化、现代化的理念将监管工作目标、职责、任务逐项明确，确保监管工作到位不缺位、正位不错位，进一步推动城市管理行业高质量发展。

监管有效建立“六位一体”监管模式

在监管模式上，目前广州已经形成了一套以驻场监管、村民监管、远程监控、环境监测、考核评分、信息公开相结合的“六位一体”监管模式。监管主要分为5大块。一是对垃圾计量的监管；二是对运行工况进行监管；三是对安全生产的监管，包括有限空间作业、应急管理；四是对环保排放的监管；五是对日常管理的监管。其中，村民监管是非常重要的一环，依靠设施周边村民组成村民监管组，不定时到终端设施巡查企业运行状况。

废管中心充分利用智慧监管平台，实现远程查看终端设施计量数据、环保烟气排放、厂区视频等。环境监

测则包括企业自检、监管部门定期全检、环保部门不定期抽检三级监测制度，发现超标行为及时纠治、立行立改、严厉处罚。

目前废管中心还在大力推进智慧城管建设，探索科技赋能与日常监管工作实现融合的有效渠道，积极对接互联网企业和科研单位，探索实践无人机、鹰眼、智能机器人等前沿科技设备技术在终端设施监管上深化拓展应用的可能性，致力于推动设施运营更透明、监督管理更智慧、隐患排查更高效。

链接：https://www.sohu.com/a/709947069_222493

全国首个大规模餐厨垃圾沼气制氢加氢 一体化项目在佛山投产

近期，全国首个大规模沼气制氢加氢一体化项目——瀚蓝可再生能源（沼气）制氢项目在佛山市南海区正式投产，年产约 2200 吨氢气，标志着瀚蓝氢能业务“制、加、输、用”一体化实现全面贯通。

佛山市南海区积极响应提前实现《广东省加快建设燃料电池汽车示范城市群行动计划（2022-2025年）》的加氢站终端售价政策要求，该项目的投产既有效缓解佛山当地的氢源供应问题，又利于逐步降低用氢成本。

一、沼气制氢 减污降碳效果显著

利用沼气制氢，原料从哪里来？瀚蓝利用现有能源与固废产业协同进行创新，成功实现餐厨垃圾沼气制氢。在制氢项目旁边，有一个餐厨垃圾项目及三个生活垃圾焚烧发电项目。餐厨垃圾发酵会产生大量沼气，生活垃圾的渗滤液也会产生沼气，通过协同固废处理项目资源，利用密闭管道将这些沼气收集并输送到制氢站，为制氢提供充足的原料。



沼气制氢项目与南海固废处理环保产业园紧密相连

瀚蓝可再生能源（沼气）制氢项目采用技术成熟可靠的蒸汽转化法工艺，是目前国内外公认的最佳工艺方案。氢气制取主要包括三个阶段：前段沼气脱硫脱碳净化为天然气，中段天然气水蒸气转化，后段转化气变压吸附提纯氢气。

“利用餐厨垃圾产生的沼气作为原料，不仅有效降低了制氢成本，且生产过程中无增加碳排放，制成的氢气为绿氢。”据项目负责人介绍，制氢项目结合氢能工业、交通等领域的应用场景，项目达产后预计可减少二氧化碳排放近 100 万吨。项目的生产机制灵活，根据销量定产量，可将富余的沼气制天然气进入天然气管网，增加项目的抗风险性，保证投资回报。

二、链条完善 “制、加、输、用” 一体化示范模式

作为联系氢能产业链上游制氢和下游应用的重要枢纽，加氢站是燃料电池汽车产业中十分关键的环节。氢气被制取后，通过氢气管道或长管拖车输送至加氢站。

目前，瀚蓝在南海区共运营 5 座加氢站，共计加氢能力 4 吨/日，其中，桃园加氢站是国内最大的 35MPa 级别商用加氢站，瑞晖加氢站是全国首座商业化加氢站。瀚蓝多座加氢站自建成投运起至今稳定运营，截至 2023 年 8 月底累计加氢量 1376 吨，累计加氢 15.43 万车次。



项目内充装区——氢气加氢柱

南海区已有包括公交车、物流车、乘用车等成熟的用氢场景。佛山市于去年在南海区内率先推广使用氢能环卫车，目前已投运 54 台氢能环卫车，包括后装压缩车、高压清洗车、洒水车、洗扫车、扫路车，应用于地面清扫、垃圾收运、城市管道清理等多个作业领域。瀚蓝可再生能源（沼气）制氢项目的正式投产，标志着瀚蓝成功将餐厨处理、沼气制氢、加氢服务、环卫及收运车氢能化运营等产业和环节打通，真正实现氢气“制、加、输、用”一体化模式。



制氢区-氢气转化炉

三、场景丰富 产业链拓宽及技术创新前景广阔

在 2023 世界氢能技术大会上，南海区被授予“中国氢能产业之都”称号。经过十多年持续深耕布局，南海区已经集聚超 150 多家企业和机构，形成以仙湖实验室为塔尖的金字塔式的创新生态，成为国内氢能产业链最为完整、示范场景最为丰富、配套设施最为完善、政策体系最为完善的县级区域之一，正全力进击“中国氢能产业第一区”，打造国际知名的自主氢能技术先行地、高端氢能产业集聚地、先进氢能社会示范区。瀚蓝沼气制氢项目所处位置具有氢能产业链的丰富用氢场景以及技术探索创新的先天优势。

链接: <https://news.bjx.com.cn/html/20230918/1332549.shtml>

“无废亚运”：从理念到比比皆是绿色细节

废弃的牛奶盒可以变成什么？或许是一把折扇、一个纸袋……在杭州亚运会，这样变废为宝的案例比比皆是，也是“无废亚运”理念的细微体现。“绿色”是杭州亚运会的办赛理念之一，“无废亚运”则是“绿色”的重要内涵。



由废弃牛奶盒转化而成的纸袋

“无废亚运”是杭州首创，指在筹办过程中，全面贯彻“无废”理念，加强固体废物全生命周期管理，最大限度地减少固体废物的产生。

据了解，杭州累计推动建成了 33 个“无废亚运”场馆、81 家“无废亚运”饭店、4 家“无废亚运”工厂。同时，还建成了“无废亚运”应用场景，做到管理有平台。作为一个新的概念，“无废亚运”的建设并没有成熟经验可供借鉴，杭州又是如何做到的？

固体废物源头减量是“无废亚运”创建的核心

杭州亚运会比赛场馆坚持“能改则不建”的原则，56 个竞赛场馆中，有 44 个为改建或临建，另外 12 个新建场馆则充分考虑到赛后利用。杭州奥体中心亚运壁球馆，便是由杭州国博中心原 4D 展厅临时改建而成的，最大限度使用了原来的设施、设备新建的绍兴柯桥羊山攀

岩中心经由一个废弃矿山改造而来，赛后这里计划变成青少年攀岩运动基地，临时的观众席也可以根据需要做灵活调整，成为音乐会、演唱会等多功能场地。

同时，杭州出台了《亚运会绿色健康建筑设计导则》等标准规范，积极推广装配式建筑、可再生材料等，使得建筑垃圾大幅减少。数据显示，经过优化设计，杭州奥体中心体育场总用钢量为 2.8 万吨，比同等规模体育场的用钢量减少了约 1/3。杭州奥体中心体育馆、游泳馆、临安文体会展中心等则应用了导光管无电照明系统作为日常照明，每年照明节能可达 30%。秸秆做的衣架和牙刷杯、餐厅推行小份餐、瓶装水改袋装水……除了场馆建设，杭州亚运会还在赛事举办过程中坚持简约低碳，践行“无废”理念。

据了解，在亚运村和接待饭店，杭州亚运会推行净菜入村、集中备料、按需加工等，杜绝舌尖上的浪费。同时，杭州亚运会还推出了“云上亚运村”低碳账户，鼓励“村民”通过光盘行动、垃圾分类、无塑购物等获取积分、兑换奖品。

节约办赛 全链条推动循环利用

杭州亚运会遵循节俭办赛的理念，各类器材设备能租不买、能借不租，废旧物资尽可能再生利用、变废为宝。

淳安界首体育中心场地自行车馆，其木质赛道都是用租来的赤松木拼接而成，赛后就可以拆掉，场馆可以根据需要再次改造。杭州电子科技大学体育馆原有的5000多个座椅，经翻新后重新“上岗”，成为亚运赛场的一部分，最大限度减少了资源的浪费。在亚运会手球项目比赛场馆浙江工商大学文体中心，原有地板被保护性拆除，随后捐赠给有需要的山区学校，整修后的废旧地板再利用率达到80%。

场馆改扩建过程中产生的废旧物料也被最大限度再生利用。杭州亚组委场馆建设部有关负责人介绍，“在场馆建设过程中，我们将从近陆域地块开采的76万方的石料回收，回填到海中用于建设特色防波堤。”

据了解，宁波亚帆中心的用电由15个光伏电站提供，实现100%绿电供能。此外，黄龙体育中心改建过程中产生的9000多吨建筑垃圾，也被破碎处理并分类利用，节约资金约100万元。杭州亚运会还在边角废料的创新利用上做文章。工作人员将吉祥物生产过程中产生的边角料，收集制作成多彩吉祥物，每只都有不一样的拼接色彩，都是独一无二的吉祥物。

此外，杭州市余杭区传梭博物馆还利用废弃木头和笋衣，创作了“无废亚运”加油鸭，成为亚运村“网红”，深受广大运动员的喜爱。“我们想通过这只小小的‘加

油鸭’向大众传递‘无废亚运’的理念。”传梭博物馆馆长郑芬兰介绍道。

“无废”并不是没有固体废物产生，也不意味着固体废物能够完全资源化利用，而是通过推动，形成绿色发展方式和生活方式。自成功申办亚运会以来，杭州全面贯彻绿色办赛的要求，将“无废”理念融入亚运会的筹备、举办和赛后利用全过程。目前已经形成具有杭州辨识度的“无废亚运”品牌，向全世界展示中国“无废城市”建设的成效。

（来源：中国青年报）

上海可回收物产量及资源化趋势

上海高度重视垃圾分类和可回收物回收工作，“十三五”以来快速推进可回收物“点、站、场”体系建设。特别是2019年7月《上海市生活垃圾管理条例》实施以来，上海可回收物管理工作推进顺利、成效明显，但是可回收物的产生量和流向仍然缺乏全口径统计数据。本文基于可回收物产量及资源化流向调研，就可回收物产生量和流向情况进行分析，以期为行业发展提供基础数据支撑。

一、上海可回收物产量有多少？

（一）可回收物总体统计情况

2021年，上海市可回收物信息化平台统计到主体企业上报可回收物量约5000吨/日，另外据相关部门估算的再生资源回收体系中约有2000吨/日为生活源可回收物，可回收物产量总计约7000吨/日。

（二）居民家庭可回收物产量

为了解居民家庭可回收物产量及细分品类，2020年3月研究团队选择了191户具有代表性的样本家庭，样本涉及16个区，房屋类型包括农村住房、出租房、别墅、商品房、售后公房等5种，开展了为期1个月的源头产量调研。调研过

程中为每个家庭发放电子秤和调研问卷，记录每周可回收物产生量及细分品类。

本次调研有效样本为 168 户家庭。调研周期内共收集可回收物 3030.13 千克，户均 0.644 千克/日，人均 0.244 千克/日。根据以上数据测算，按 2487.0 万常住人口计算（2021 年统计数据），上海居民家庭产生可回收物总量为 6068.28 吨/日。

居民家庭可回收物产量

	总量 (kg/d)	户均 (kg/d)	人均 (kg/d)
废玻璃	235.95	0.050	0.019
废金属	534.00	0.114	0.043
废塑料	943.81	0.201	0.076
废纸张	1105.25	0.235	0.089
废织物	211.12	0.045	0.017
总量	3030.13	0.644	0.244

上海环境工程研究院

（三）不同类型单位可回收物产量

为了解不同类型单位可回收物产量，研究团队开展了学校、办公楼、商场店铺、工厂、交通枢纽、游乐园等 6 个典型企事业单位可回收物产量调研。



调研过程照片

根据调研结果，对上海企事业单位可回收物产量进行估算。估算依据：学校：按照学生人数进行估算；医疗与福利机构：按照床位数进行估算；办公楼、商场店铺、工厂：按照建筑面积进行估算。相关数据来源于上海市统计年鉴。

类型	名称	可回收物产量 (千克/日)	学生数量 (人)	人均产量 (千克/人/日)	上海在校人数 (万人)	总产量 (吨/日)
学校	上海电机学院	200	10000	0.02	238.92	47.784
类型	名称	可回收物产量 (千克/日)	建筑面积 (平方米)	单位面积产量 (千克/平方米/日)	上海单位总建筑面积 (万平方米)	总产量 (吨/日)
办公楼	德必易园	60	18500	0.003243	9914	321.511
商场店铺	仲盛世界商城	1000	300000	0.003333	8816	293.837
工厂	三菱电梯	150	188700	0.000795	29837	237.204
其他	上海火车站	600	97000	0.006186	/	/
	迪士尼乐园	8000	1160000	0.006897	/	/

上海环境卫生工程设计院

不同类型单位可回收物产量

估算结果表明：学校、医疗与福利机构、办公楼、商场店铺、工厂的可回收物产量约 900 吨/日。但本次估算未能涵盖所有类型，如火车站、游乐园等其他类型的单位和场所。

二、上海可回收物如何进行资源化利用？

目前全市已有可回收物回收车辆 364 辆，已建成可回收物回收服务点 1.5 万个、中转站 201 个、集散场 10 个，不少区超额完成了可回收物回收服务点建设任务。上海可回收物依靠“点、站、场”体系进行回收，如下图所示。回收后进行资源化利用。



可回收物“点、站、场”体系

上海可回收物中的废玻璃、废金属在区域内进行资源化，其他的如废塑料、废纸张、废织物主要依托外地进行资源化利用。废玻璃主要包含玻璃杯、玻璃瓶、窗玻璃等，价值均较低。主要由收运企业运送至上海燕龙基进行资源化利用。废金属主要包含易拉罐等，价值均较高。主要由收运企业运送至上海宝钢或浙江等地的金属冶炼企业进行资源化利用。废塑料中饮料瓶、日化用品瓶、食用油桶、塑料盒子等价值较高，由收运企业收集进行分拣压缩后运送至江苏、浙江、安徽等地的塑料再生造粒企业或化纤企业进行资源化利用；

塑料泡沫、塑料包装袋、杂塑等价值较低，本地仅有英科环保等少数企业可进行资源化利用。

废纸张中纸板箱、报纸、书本纸等价值较高，由收运企业收集进行分拣压缩后运送至山东、浙江等地的造纸企业进行资源化利用；纸塑铝复合包装（利乐包）价值较低，仅有浙江富伦、程胜环保等企业可进行资源化利用。废织物主要包含废旧衣物、家用纺织品等，价值均较低。大部分衣物经过清洗消毒后出口至第三世界国家，少量品质较差的废织物由收运企业运送至浙江等地的纺织企业生产再生短纤维或制作地毯、无纺布等。

三、长三角可回收物协同资源化趋势分析

长三角地区整体具备可回收物回收及资源化设施基础。同时，国内正在加快绿色低碳转型，循环经济成为双碳战略的重要支撑，无废城市提出资源化利用明确要求，包装废物与废塑料成为重点关注领域。京津冀地区推进资源综合利用产业协同，粤港澳大湾区提出了固体废物多元共治。区域一体化背景下，包括上海在内的长三角地区，将逐步建立可回收物协同资源化机制。

（一）信息化管理水平将进一步提升

在长三角范围内，各地行业组织和企业已经在积极探索开发可回收物回收信息化平台，“互联网+回收”模式逐步成熟，上海、杭州等城市已经部分建设了可回收物回收管理的信息化平台，初步具备了对生活源可回收物量质、运输情

况的准确把握能力。上海已在松江、嘉定等地试点建设生活垃圾全程分类信息平台，杭州市“互联网+再生资源回收”模式覆盖率达69.9%。未来通过进一步建立长三角层面的信息化平台，可实现生活源可回收物跨界大数据跟踪和溯源，极大提升管理和资源化处理效能。

（二）“点站场”回收体系建设将持续深化

目前，长三角部分地区已建立起以“点站场”为核心的三位一体回收网络，前端分类工作已有基础。在长三角各地政府垃圾分类收集体系规划陆续出台后，可回收物回收将不再是单纯的市场化运作，而是政府有一定介入的带有半公共服务属性的环境服务行业，将会更加注重废纸、废塑料、废金属等全品类全链条协同运营、协同处置。

（三）技术标准体系将逐步构建

目前，长三角可回收物的突出特点是种类繁多，各地区的检测手段、议价标准各异，若没有完善的标准体系将无法做到有章可循，有标可依。在可回收物回收利用行业管理逐步趋于规范化、标准化的背景下，相关的可回收物产品技术标准有望得到进一步完善。通过健全标准体系，支持产学研联合研制重要技术标准并优先采用，可以加强精细化分拣技术、重要产品标准研制的速度，实现主要可回收物品类的标准化。

（来源：上海环境卫生工程设计院）

北京构建韧性城市综合运行监测管理新模式

习近平总书记指出，要牢牢抓住城市治理智能化的“牛鼻子”，抓好政务服务“一网通办”、城市运行“一网统管”。城市运行管理服务是城市治理能力现代化的重要内容，是一项基础性、系统性、全局性工作。本文结合北京市怀柔区韧性城市运行管理实际，提出技术协同、应用协同和管理协同的理念，强化城市运行安全保障能力，构建韧性城市综合运行监测管理服务体系，提高城市风险管控能力和精细化管理水平。

一、强化技术协同 打造城市运行管理手段

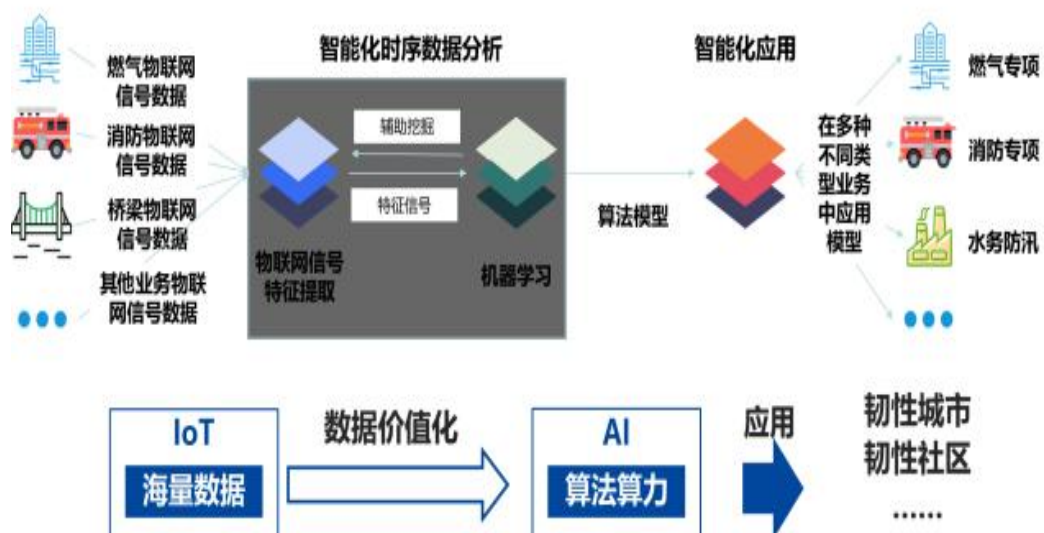


图1 基于物联网时序数据的智能分析技术框架

以数字智能化为目标，怀柔区注重底层共性的技术协同构建，立足人工智能、大数据、机器学习等新技术，结合城市运行管理实践经验，研发基于物联网时序数据的智能分析技术（图 1）。



图 2 人工智能物联网（AIoT）技术在韧性城市应用场景中的应用和服务

该技术通过对城市运行管理各类传感器实时数据的智能分析，提供异常事件的监测报警、设备精准运维管理、监测主体精细画像等城市运行管理服务，提高监测报警准确性、运营工作智能性、设备运维及时性等性能，提升韧性城市应用场景的运营管理效率（图 2）。

二、优化应用协同，搭建城市技术迭代平台

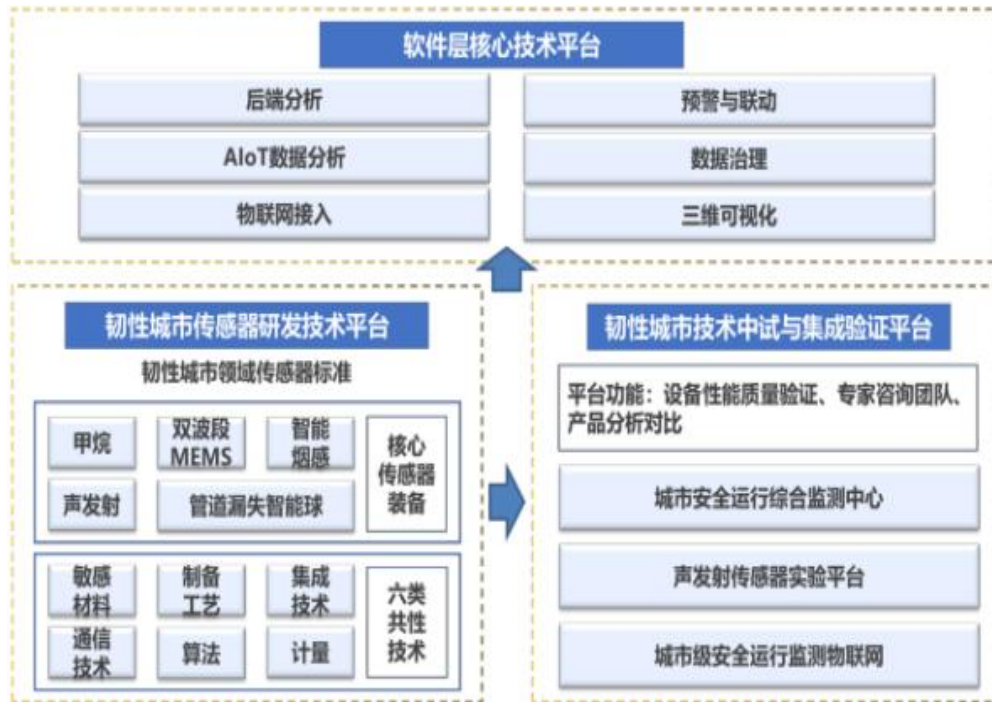


图 3 怀柔区韧性城市技术迭代平台架构

以问题需求为导向，开放共享技术应用的多元化，进一步提升技术赋能城市运行管理。怀柔区韧性城市建设打造“1+N”韧性城市技术迭代平台，其主要内容包括“1”是软件层核心技术平台，通过地理信息平台、大数据平台、物联网接入平台、AIoT 数据分析平台、监测预警算法平台、业务联动平台的建设，为韧性城市搭建数字底座；“N”为燃气安全、消防、地质灾害、森林防火、积水内涝和生态环境检测等韧性城市监测预警技术专项。怀柔区韧性城市综合运行监测中心加强各应用场景的感知数据实时汇聚和共享应用，以智能分析技术赋能韧性城市技术迭代平台（图 3），逐步完善对各类传感器通讯质量、耗材监测、环境监测、数据应

用等各方面性能进行测试验证和分析评估，打造韧性城市传感器研发技术平台、韧性城市技术中试与集成验证平台，构建“成果验证—产品迭代—关键技术攻关—成果验证”的技术产品迭代闭环，促进新技术的落地转化和新产品应用推广，推动传感器技术的迭代升级。

三、创新管理协同，探索城市运行管理模式



图 4 韧性城市监测运行管理机制

依托韧性城市技术迭代平台与综合运行监测中心等载体，加快推进韧性城市运行管理服务体制机制优化，强化政企业务联动，建立了由政府工作专班、专业支撑团队和主体企业共同组成的“1+1+N”应用场景运行监测制度（图 4）。在此基础上，以科技赋能城市运行管理服务，完善监测值守、数据分析、评估报告、设备巡检、应急演练、故障诊断等制度，构建数字化、智能化韧性城市运营管理体系，提升城市安全监测、城市安全管理、监测设备管理、设备运维服务水

平，探索覆盖“设计、建设、维护、服务”全生命周期的城市运行管理模式。

四、韧性城市运行监测成效

表 1 燃气安全事故统计分析

序号	月	日	时间	预警分析	备注
1	10	2	15	减压阀与钢瓶未密封	缺少减压阀皮垫
2	10	17	14	设备安装距离近	设备被油污污染
3	10	18	10	减压阀与钢瓶未密封	缺少减压阀皮垫
4	10	19	8	减压阀与钢瓶未密封	缺少减压阀皮垫
5	10	21	19	人为操作不当	忘关煤气阀门
6	10	26	18	人为操作不当	业主私截液化气连接管
7	10	29	21	人为操作不当	煤气罐螺丝松动
8	10	30	1	人为操作不当	忘关煤气阀门
9	11	7	14	减压阀与钢瓶未密封	缺少减压阀皮垫
10	11	8	23	停电导致监测设备故障	设备已更换
11	11	10	17	监测设备故障	设备已更换
12	11	11	14	灶具设备老化	燃气灶老化
13	11	13	8	人为操作不当	业主使用不熟练
14	11	16	15	灶具设备故障	燃气灶电打火故障
15	11	20	8	人为操作不当	触碰角阀
16	11	22	14	减压阀与钢瓶未连接	阻流阀

表 2 燃气安全事故时间统计和原因分析

事发时间段	报警数量（件）	预警分析	报警数量（件）
0	1	原因不详	1
1	1	人为操作不当	5
8	3	减压阀与钢瓶未密封	4
10	1	更换燃气罐	1
11	1	设备安装距离近	1
14	4	灶具设备老化	1
15	2	减压阀与钢瓶未连接	1
17	1	灶具设备故障	1
18	1	监测设备故障	1
19	1		

本文通过整理现有的 16 起燃气安全报警事件详细记录（表 1、表 2），对事发时间分布、预警原因进行分析可知：一是燃气安全报警事件主要发生在上午（8 时）和下午（14 时、15 时）两个时间段，因为此时间段燃气使用和更换燃气罐比较频繁。二是触发燃气安全报警主要是因人为操作不当（如忘记关闭阀门、私自截软管等）、减压阀与钢瓶未密封（如丢失橡皮圈等）。根据以上分析，提出两点建议：一是应规范燃气设备设施更换后的安全检查；二是应加强燃气安全规范操作培训演练。

综上所述，未来应该结合韧性城市建设实际，以科技赋能城市运行管理服务，不断完善城市运行管理服务的内涵和制度，探索技术协同、应用协同、管理协同的城市运行管理服务新实践，助力韧性城市、智慧城市等城市运行管理服务体系的建设和，加快推进城市治理体系和治理能力现代化。

（来源：固废观察）

基于生命周期评价的生活垃圾焚烧发电碳足迹研究

随着人口的快速增长和城市化进程的加快，城市生活垃圾产生量稳步上升，目前我国城市生活垃圾产量达到了 2.7 亿吨。但近几十年来，过度依赖填埋逐渐引起了环境污染和健康等社会问题。目前，生活垃圾的处理全面向无害化、减量化和资源化转变，2021 年城市生活垃圾无害化处理率达 99.88%，其中垃圾焚烧处理能力占比高达 68.10%。已有研究表明，生活垃圾处理过程是温室气体排放的主要人为来源之一，2020 年全球碳排放量达到了 0.24GtCO₂-eq。目前对于温室气体核算大多采用清单指南方法（如 IPCC、省级温室气体清单指南等），但受制于不同地区垃圾组分差异较大、碳排因子数据库适用范围有限等，导致不同核算方法之间以及与实际监测的温室气体排放量偏差较大。

针对垃圾分类背景下温室气体排放量及其关键影响因素尚未厘清的现状，本研究对生活垃圾焚烧厂的全生命周期温室气体排放进行实际跟踪，采用基于长期运行数据监测的生命周期评估（LCA）方法，考虑了与城市生活垃圾处理相关的间接、直接和避免排放，分析了不同垃圾组成下的焚烧发电厂温室气体季节排放特征。研究结果有助于管理部门制

定合理的碳减排路径，可以为生活垃圾处理行业精细化、低碳化发展提供科学支撑。

一、垃圾焚烧生命周期碳足迹评价模型

本研究以上海某生活垃圾焚烧厂为案例开展研究，旨在建立生命周期碳排放评估模型，实现基于实测数据的碳排放核算并解析垃圾分类背景下生活垃圾焚烧厂的碳排放特性。功能单位定义为 1 吨垃圾；研究的对象为城市生活垃圾。生命周期碳排放的计算遵循 ISO14040 和 ISO14044 标准。系统边界如图 1 所示，为生活垃圾的收集到最终的焚烧末端处置。研究的温室气体主要包括《京都议定书》中的 CO₂、CH₄ 和 N₂O。本研究不考虑焚烧厂的建厂以及退役有关的碳排放。

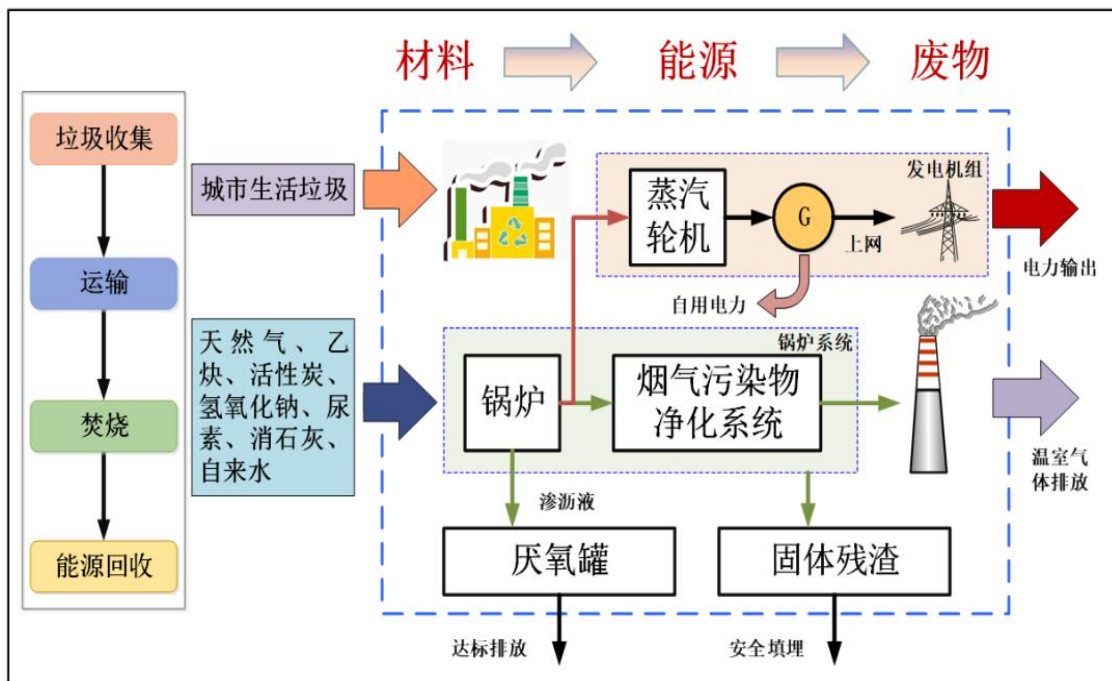


图 1 垃圾焚烧碳排放的 LCA 边界图

本研究中选取的生活垃圾焚烧厂主要运行流程及碳排放计算如图 2 所示。与生活垃圾焚烧相关的碳排放主要包括三个部分：直接排放、间接排放、避免排放。其中直接排放主要包括垃圾焚烧过程产生的化石碳、 CH_4 和 N_2O ，以及辅助燃料天然气的燃烧。间接排放主要源于垃圾收集及运输过程、辅助燃料以及原材料消耗以及固体残渣的处置阶段。固体残渣主要为垃圾焚烧后形成的炉渣以及除尘器的飞灰，对残渣的处置本研究考虑最常规的安全填埋。避免排放是由垃圾焚烧厂多余电力上网用以替代传统化石燃料发电所形成的碳减排。针对垃圾焚烧的化石碳排放，本研究通过机组的 CEMS 系统对焚烧烟气的 CO_2 浓度进行实时跟踪监测，并通过入炉生活垃圾各物理组分及其干物质含量、总碳含量和矿物碳比例对焚烧烟气的化石碳排放进行核算。

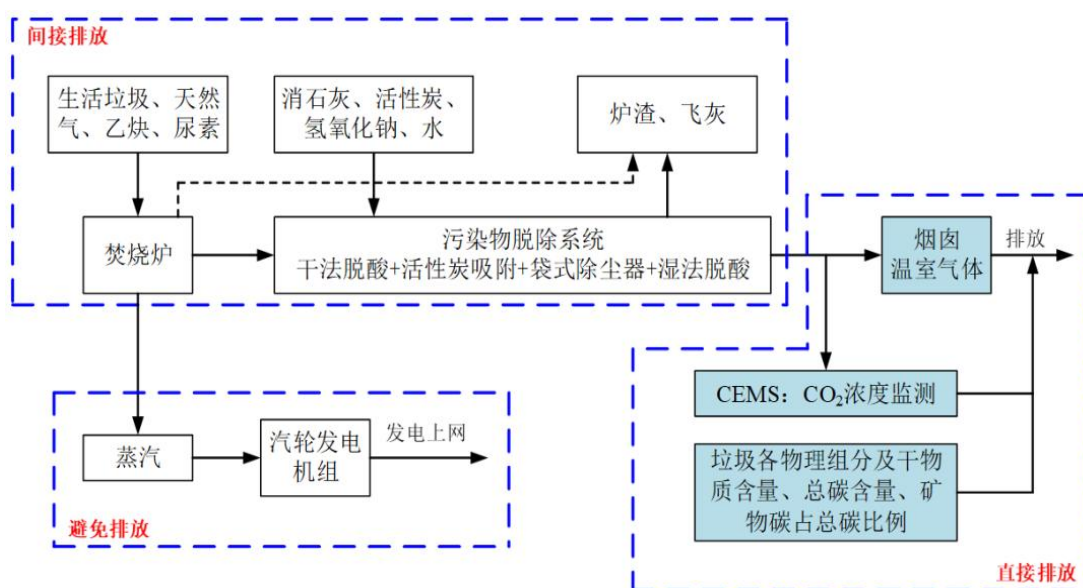


图 2 生活垃圾焚烧厂主要运行流程及碳排放计算示意

二、结果分析

本研究基于 CO₂ 浓度实测值对垃圾焚烧的生命周期碳排放进行追踪评估，垃圾焚烧厂生命周期碳排放月度变化结果如图 3 所示。总碳排放量的变化范围为 179.5—820.8kg CO₂-eq/t，其中直接排放是主要的碳排放贡献部分，为 137.5—777.7kgCO₂-eq/t；间接排放占比较小，在 39.7—43.1kg CO₂-eq/t 之间波动。由电力替代形成的避免排放为 164.0—221.3kgCO₂-eq/t。因此，垃圾焚烧的净碳排放量为 11.2—622.4kgCO₂-eq/t。可以看出，由于入炉垃圾中塑料和湿垃圾含量的变化，垃圾焚烧的碳排放也表现出典型的季节性变化特征：夏冬季碳排放明显低于春秋季。

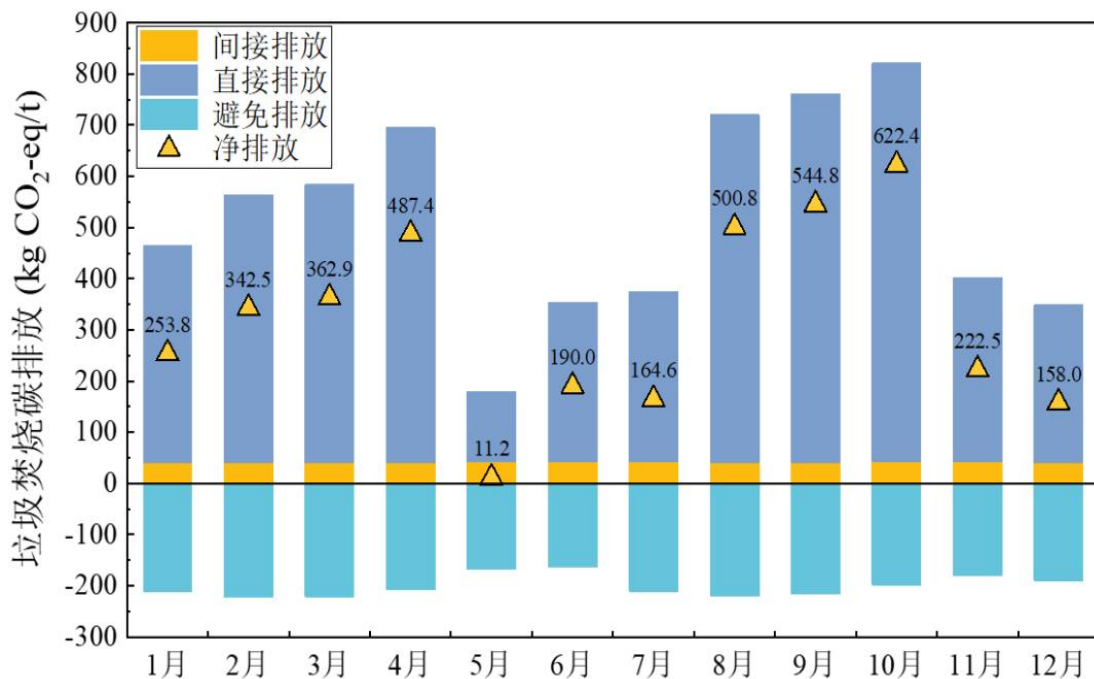


图 3 不同月份垃圾焚烧厂碳排放

在垃圾焚烧的直接碳排放中，焚烧产生的化石碳排放（121.2—762.3kgCO₂-eq/t）是主要的排放构成，占直接排放的比例在88.1%—98.0%。因此，入炉垃圾中塑料含量是影响垃圾焚烧碳排放水平的关键因素。例如，5月份入炉垃圾中塑料含量仅为1.9%，其净排放仅为11.2kgCO₂-eq/t。而10月份入炉垃圾中塑料的含量最高达到了5.24%，碳排放达到了最高水平为622.4kgCO₂-eq/t。因此，准确测量入炉垃圾中塑料和湿垃圾的组分占比是评估垃圾焚烧生命周期碳排放水平的重要条件。

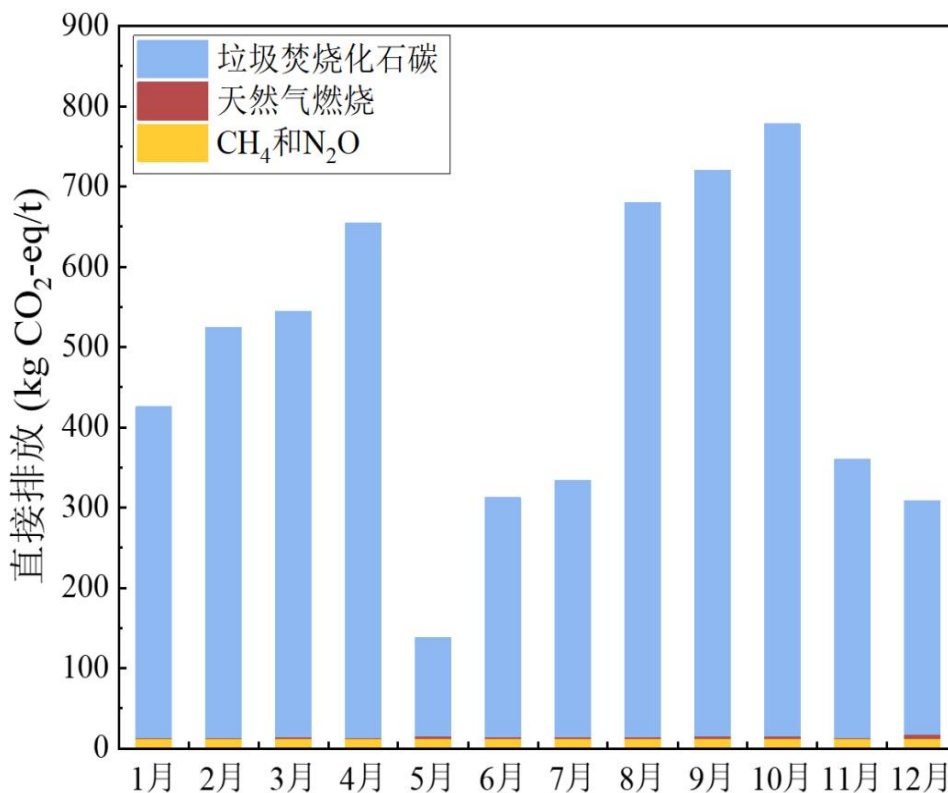


图4 垃圾焚烧直接排放的构成

垃圾焚烧间接碳排放变化相对稳定（图5），其受垃圾组分等理化性质的影响较小，仅占总排放量的5%—25%。其

中垃圾收集 (9.6kgCO₂-eq/t)、垃圾运输 (7.7kgCO₂-eq/t) 和消石灰消耗 (5.9-8.7kgCO₂-eq/t) 是最主要的排放源。而在固体残渣处置阶段, 运输 (5.5-8.5kgCO₂-eq/t) 是造成碳排放的主要因素, 占固体残渣处置总排放的比例为 66.3%—67.5%。

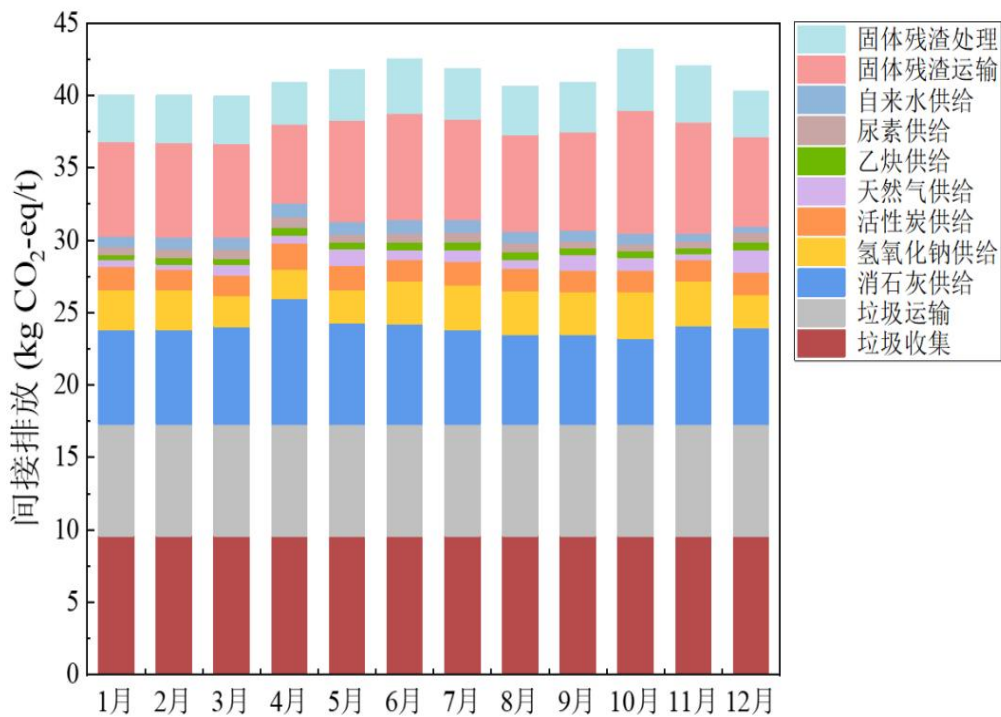


图 5 垃圾焚烧间接排放的详细构成

三、结论

本研究对实际运行的生活垃圾焚烧发电厂温室气体排放进行长期跟踪, 建立了全生命周期温室气体排放综合评价模型, 分析了不同垃圾组分组成的温室气体排放季节变化特征, 探明了影响温室气体排放的主要因素, 得出以下结论:

垃圾焚烧发电厂的碳排放强度为 11.2—622.4kgCO₂-eq/t，其中直接排放是生活垃圾焚烧厂最主要贡献，占比达到 75%—95%。间接碳排放相对稳定，约为 39.7—43.1kgCO₂-eq/t。未来针对生活垃圾中塑料开展回收利用以及进一步采用更高参数等级的焚烧炉以提高发电效率是焚烧厂可能进一步降低碳排放的主要途径。

(来源：固废观察)

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10月28日

编审：李湛江 朱云

编辑：罗志红 电话：81073291