

城市管理

科技信息简报

2023 年第 12 期

广州市城市管理技术研究中心

2023 年 12 月 26 日

本期要目

- ◆ 广州市生活垃圾处理温室气体排放特征及减排建议
- ◆ 新环卫收运体系下垃圾转运站存在问题及发展前景分析
- ◆ 推动建筑垃圾全链条治理要疏通哪些堵点？
- ◆ 上海探索湿垃圾深度资源化处理新路径
- ◆ 张家港深入推进基层综合行政执法
- ◆ 济南市起步区“马路大管家”运行
- ◆ 广州打造 100 个环境卫生精品区

目 录

城市管理

- 广州打造 100 个环境卫生精品区1
- 济南市起步区“马路大管家”运行10
- 张家港深入推进基层综合行政执法14

技术前沿

- 新环卫收运体系下垃圾转运站存在问题及发展前景分析 18
- 推动建筑垃圾全链条治理要疏通哪些堵点？28
- 广州试点“全域服务治理”33

垃圾处理

- 广州积极探索垃圾处理二次产物多元化利用渠道 38
- 上海探索湿垃圾深度资源化处理新路径40

研究动态

- 广州市生活垃圾处理温室气体排放特征及减排建议 44

广州打造 100 个环境卫生精品区

近日，广州市城管管理和综合执法局确定了全市 100 个环境卫生精品区名单（下称“精品区”）。精品区范围覆盖广州 11 区，具体包含 46 个重点保障区域、54 条精细化作业示范道路。未来，这些区域将发挥典型引路、榜样示范、辐射带动的作用，全面提升广州城市道路环卫保洁机械化、精细化、智慧化作业管理水平。广州如何加强重点区域环卫精细化作业保障？不同的环境卫生精品区有何整治特色及亮点？让我们一起走进荔湾区永庆坊、海珠区广州塔、黄埔区生物岛、越秀区二沙岛 4 个精品区，沿着城市肌理去寻找答案。

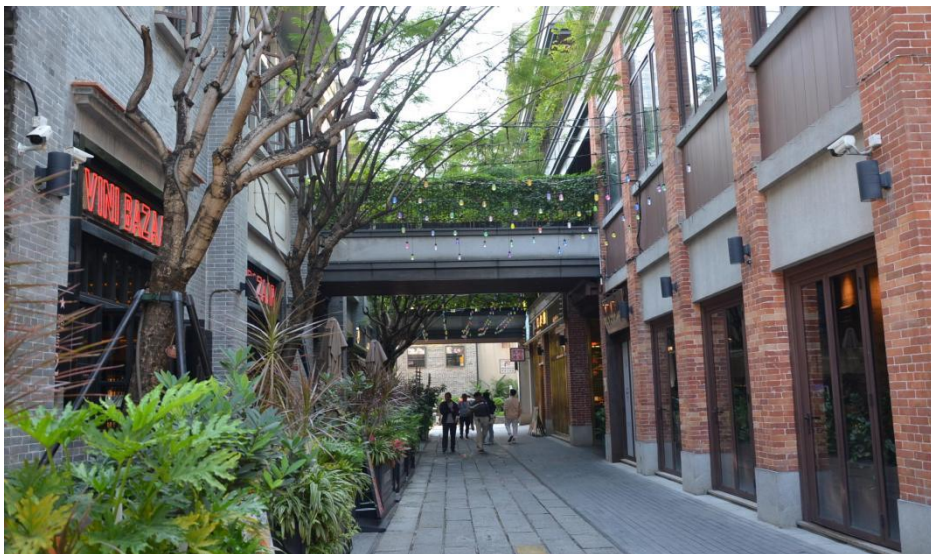


阅江路按照特级道路保洁标准进行常态化保洁

荔湾区永庆坊：“绣花式”打磨清洗让老城区焕新颜

走进荔湾区，入眼便是融入大街小巷的岭南文化元素，沙面、永庆坊等西关特色景区游人如织，从不缺“烟火气”。与城市热闹相对应的，是清凉碧绿的河涌、干净整洁的石板老街，而这一切离不开每天不间断的环境保洁工作。

在“老城市新活力”的地标永庆坊，垃圾分类果皮箱间距不远、干净漂亮，偶尔能看到环卫工人推着轻便型清洗机对人行道打磨清洗，不会影响游客游玩体验。荔湾区城管部门相关负责人介绍，永庆坊片区有道路狭窄、店铺密布、人流密集的特点，环境卫生暂不具备大量使用大型机械的条件，因此更需注重精细化管理，以“绣花功夫”攻坚环境治理。



永庆坊的道路干净整洁

为确保道路整洁，永庆坊片区因时因地采用新型多功能深度清洗车对马路行车道进行定期清洗，清洗后行车道洁净如新；同时为避免清洗作业影响交通和居民，荔湾区城管部门制定重点道路突击冲洗计划，采用“机械冲洒+人工推扫”

相结合的作业模式，夜间对机动车道、非机动车道、人行步道等进行全覆盖清洗；以3天为一个周期，每次出动3辆高压冲洗车对人行道进行精细化清洗。

在对保洁人员的管理上，永庆坊采取定人、定责、定区域管理机制，提高人工作业在时间和空间上的覆盖率，由原来的16小时保洁延长到19小时保洁，增加保洁岗位，早、中班各增加4个保洁岗位，同时安排机动人员巡回快速保洁，确保零散落地垃圾不滞留。

在做足“绣花功夫”擦亮老城区颜值的同时，荔湾区也充分利用智能化手段赋能环卫作业。作为广州万科首个微改造样本，永庆坊上线有万物云智慧城市服务平台，该平台可以连通街区运营服务中智慧服务系统和工单系统，实现高效运营调度服务。

“保洁员通过佩戴电子工牌，可以在平台实时监督保洁作业进展，垃圾桶配置垃圾满溢装置，在垃圾量达到三分之二时，垃圾满溢装置自动触发工单，派发给就近的保洁员，保洁员马上过去处理。同时上线‘云报事’小程序，开放给商户、市民使用，商户市民如有环境卫生方面的诉求，可以1分钟内报单处理。”万物云城永庆坊项目负责人李奇如是解释服务平台的功能。

此外，在客流量较少的非节假日时间，荔湾区城管执法局会安排使用无人清扫车对上下九路和恩宁路进行保洁。在走访现场，记者也看到了这台黑白相间的清扫车，圆滚滚的

“水桶”身材，侧身还有着一块硕大的显示屏。只要设置好路线，它就会按照路径设置完成清扫任务，穿梭自如、行止有度。所经之处，地面焕然一新。



无人清扫车

该无人驾驶清扫车是集自主清扫、自主避障、智能感知于一体的室外智能无人驾驶环卫清扫设备，清扫效率约 5000 m²/h，24 小时不间断清扫。无人驾驶清扫车在提升环卫形象、解决环卫行业痛点、提高管理效率等方面是一次变革性探索。

海珠区广州塔：提升人机配合六道保洁工序无缝衔接

大型洒水车、大型清扫车、小型三轮洗扫一体车……在广州塔景区，你能够看到各式各样的保洁工具，这是其创新保洁模式，推进人机结合的成果。

“我们在原保洁人员的基础上，在班组配备了大水车 1 辆、小型作业车 3 辆、清扫一体机 1 辆、巡回保洁三轮车 2 辆。”广州市海珠区城管部门相关负责人介绍，广州塔景区以深化提升人机配合为目标，参照先进区域保洁经验，将单

一人工清扫模式，调整为集“人工扫、风机吹、水车冲、设备磨、人工擦、最后抠”六道保洁工序无缝衔接的保洁模式。

作为广州的城市名片，广州塔景区是展示城市魅力、市民素质、治理效能的重要窗口，其发展是广州市高质量发展的重要组成部分，环境卫生治理的重要性不言而喻。

曾经的广州塔景区，由于重大节假日大客流期间管控压力大，流动商贩、占道经营等“六乱”问题屡禁不止。近年来，广州塔景区常态化设置6个卡口位严控非机动车等进入核心区，重点整治流动商贩、经营性拍照等违规行为，市容环境得到改善。

据介绍，在打造精品区期间，海珠区城管部门划定广州塔片区保洁为核心区，按照特级道路保洁标准对阅江路进行常态化保洁，保洁时长达18小时以上。同时，每天出动环卫工人100余人次，3次普扫。大型机械化洒水清扫队伍与小型机械化冲洗打磨队伍相无缝对接，按照“错峰作业”的方式，固定样板，带动全区主次干道的作业模式转变。

海珠区城管部门相关负责人表示，目前，海珠区“三纵三横”六条精品道路初步实现干净整洁、路见本色，为广州重大活动保障任务打下坚实基础。接下来，海珠区将扩大环卫保洁精品区域范围，对“五大景区（小洲村、黄埔村、广州塔、大元帅府、十香园）、一寺一观（海幢寺、纯阳观）”进行环境卫生整治提升。

黄埔区生物岛：无人环卫车“零接触”作业 拓宽城市智慧治理思路

从“官洲岛”到“生物岛”，1.83平方公里的江心小岛上，530多家科创企业聚集，创新要素荟萃。得益于此，生物岛也将智能化在环卫治理中发挥到极致。

2022年9月1日，数辆全无人驾驶环卫车在广州国际生物岛发车，开始在岛内路段进行全自动的环卫作业，覆盖全岛超过38.8万平方米的保洁面积，相比传统环卫作业，人员投入减少超过30%。这是广州市首个在开放道路下开展的全无人环卫车落地运营项目，也是黄埔区打造环境卫生精品区的生动实践。



全无人驾驶环卫车在生物岛内路段进行环卫作业

从外观上看，全无人驾驶环卫车大小如普通小巴车，银白色的科技感涂装、深色前挡罩、四周如触角般的感应器件，处处彰显着科技感，而更体现科技感的是它的功能。

据介绍，全无人驾驶环卫车可全自动开展洗扫、干扫、后喷雾、对冲等作业，完成全天时、全天候的道路清扫、洒水降尘、喷洒消杀等任务。车辆一周七天不间断作业，每天从零点开始运作，晚上7点结束。上线试运营以来，生物岛自动驾驶环卫作业车已安全运行超10万公里。

全无人驾驶环卫车与传统环卫如何协作？有关技术人员介绍，自动驾驶在环卫行业的应用优势主要集中在道路清扫和垃圾清运两大环节，现阶段主要应用于市政道路、背街小巷、封闭及半封闭园区内道路。但要想实现全区域全覆盖清扫，如建筑楼宇内部的清洁等小颗粒度场景的环卫工作，还需要传统环卫的协助。此外，垃圾分类、干湿分离等工作也需要传统环卫的分工协助。

在全无人驾驶环卫车零接触即可完成保洁作业的背后，是“无人环卫指挥部”智慧环卫云控中心在发挥作用。“它是智慧清扫的中枢和大脑。工作人员在平台可实时查看所有接入车辆的作业路线、作业状态和自动驾驶状态，实现车辆智能排班、自动唤醒、远程调度、路线管理等功能，无需人为干预即可完成自动充电、加水、排污、启动、泊车等日常维护工作，高效服务街道清洁任务。生物岛是黄埔区进行智慧环卫实践的一个缩影。广州环境卫生精品区建设三年来，黄埔区逐渐将更多智能化手段应用到环卫管理工作中。例如，环卫设施一张图实现生活垃圾投放点、垃圾房、压缩/转运站、集中清运点和公厕等能上图查询；物联网感知、卫星定

位数据、无人机等的应用加强了对路面余泥污染的源头监控和智能分析管理等等。自动驾驶、智慧环卫等前沿科技运用突破了传统城市管理思维藩篱，拓宽了智慧化城市管理思路，能够提高广大市民对城市智慧治理的直观认知，为环卫行业智能化、智慧化应用的进一步巩固深化打下了良好基础。

越秀区二沙岛：新建环卫驿站 改善环卫工人劳动条件

广州在打造环境卫生精品区的同时，也没有忽略对环卫工人的关怀。这些默默坚守在平凡的岗位上的“城市美容师”，是保持精品区干净舒适的重要力量。

每天早上5时30分，曾国平便开始对二沙岛片区路段进行普扫，清理人行道的垃圾、落叶，收运日常的垃圾，如是坚持了近8年时间。他回忆道，由于二沙岛建设初期环卫设施配套不足，在2020年以前，环卫工人没有能够遮风挡雨的地方，休憩和吃饭问题无法妥善解决。2020年9月，二沙岛建设完成环卫驿站，由此，环卫工人也拥有了休息的场所。

二沙岛发展公园公厕实现智能化管理后，公厕保洁员朱偏也感受到自己工作的变化。“过去的公厕管养工作很传统，用一根水管、一把地拖、一把扫把进行简单清扫，效率较低且较为耗费人力。现在我们实行精细化作业，增投了机械化保洁设备，通过人机结合的保洁模式进行深度保洁，能够减轻我们的劳动量，作业环境也舒适很多。”朱偏说。

近年来，广州市城管部门通过提高待遇、慰问帮扶、子女助学等方式多措并举为环卫工人带来更多服务和保障。自2019年以来，广州已筹集1000套市属公租房提供给环卫工人租住。协调相关部门利用桥底空间、绿化带为环卫工人新建560座工具房、休息房，引导机团单位提供600余个休息驿站。

广州市环境卫生精品区名单

花都区	1. 区政府中心城区；2. 开发区；3. 融创文旅城广场（乐园广场）	1. 公益路（宝华路-三东大道） 2. 迎宾大道（公益路-曙光大道） 3. 天贵路（迎宾大道-三东大道） 4. 紫薇路（公益路-曙光大道）
番禺区	1. 广州南站片区；2. 区政府市桥区域；3. 大学城区域	1. 盛泰路（清河东路-平康路） 2. 桥南街南城路（南华路-福景路） 3. 钟村街钟灵路（钟村西牌坊-工商银行） 4. 石壁街石兴大道南（汉溪大道西-石洲西路）
南沙区	1. 区政府中心城区；2. 沿海开发区；3. 南沙市民广场	1. 进港大道（蕉门桥-港前大道北） 2. 南府路（焦西路-柳园路） 3. 市南大道（留东桥中间-蕉门窑大桥中间） 4. 凤凰大道（进港大道-凤亭大道与焦西路口） 5. 港前大道南（虎门大桥底-天后路）
从化区	1. 区政府中心城区；2. 温泉镇；3. 鼓楼济渡广场	1. 河滨南路（街口大桥-S355线） 2. 蓝田堤路（文峰路桥头-S355线） 3. 河滨北路（街口大桥-从化大桥） 4. 景泉大道（105国道-温泉新牌坊）
增城区	1. 区政府中心城区；2. 开发区；3. 增城广场	1. 爱民大道（荔新公路-景观大道） 2. 荔景大道（增城大道地铁E出口-荔城大道怡景城） 3. 景观大道（增城大道-罗岗桥） 4. 府佑路（中坚码头-荔城碧桂园）

（来源：南方都市报）

济南市起步区“马路大管家”运行

城市精细化管理必须适应城市发展，要注重在科学化、精细化、智能化上下功夫，不断探索善治之道。近期，济南市起步区积极转变城市管理观念，以“数”力赋能“绣花功夫”、以“绣花功夫”做好精细化治理、在精细化管理工作中构建“大城管”新格局，凝聚政府部门、街道社区、企业合力，紧抓黄河大道等重点项目服务维护管理，激发城市管理新活力，全力打造绿色低碳高质量发展新城区。

一、创新管理模式 实现道路颜值内涵双提升



近期，济南市首个集园林、环卫、市政于一体的“马路大管家”服务项目在黄河大道试点运行。

黄河大道是起步区未来新城“三横七纵”快速路网的骨

干道路之一，也是济南“三环两廊十二射”高快路网体系重要组成部分，是名副其实的助力省会济南南北两城拥河发展的沿黄交通大走廊，也被称为黄河北的“经十路”。

持续完善道路功能，实现颜值、内涵双提升，济南起步区创新“马路大管家”管理模式，突破传统城市管理多支队伍同时交叉作业、协调困难等问题，将道路服务外包给专业公司，运用社会资本助力城市品质提升，实现资源利用最大化，管理效能最大化，打造道路综合管护新范式。

起步区城市管理办公室相关负责人介绍，起步区改变了传统单一的清扫保洁公共服务模式，将市容环卫、园林绿化、城市照明、交安设施、桥梁隧道、市政设施、排水设施在内的管养服务等多种城市管理职能融为一体，实现城市精细化管理的资源整合和一体化综合管理。

具体看来，通过深化道路路面及护栏、交通设施、各类牌匾等城市家具的一体化综合保洁，净化道路环境；通过园艺绿化、路灯照明、夜景亮化的高标准管理，美化道路环境；通过对道路各类管网、标识标线、设施设备的维护，优化道路环境，从而实现道路整体环境的整洁、优美、有序。

二、全流程“智慧”赋能 让道路管理“耳聪目明”

起步区控制期首批智慧灯杆正式上岗，综合信息杆，兼具视频监控、led显示屏信息发布、一键报警、公共广播、

环境监测等多功能于一体，在照亮市民回家路的同时，也让道路管理耳聪目明。智慧灯杆只是起步区智慧管理的一个缩影。据介绍，依托现有的“黄河大道隧道管理智慧运维平台”，起步区积极对接智慧城管综合管理服务平台，建立集巡查管理、信息采集、指挥调度、反馈处置、监督考核等功能为一体的智慧化道路综合管护平台。



充分利用 5G、AI、GIS、物联网等新兴技术，使用人工智能信息卡、车辆定位设备、道路视频监控、无人机、路面积水湿滑监测设备、巡检机器人、智慧灯杆等先进智能设备，为道路管护提“智”增效。

此外，通过融合智能检测、智能识别、智能预警等功能，起步区积极开展对垃圾堆放、渣土撒漏、市政设施损坏破坏、占道经营、照明亮度、路面积水积雪结冰等城市管理问题的自动识别、采集、取证，建立精确长效闭环管理的信息评价机制和精准高效的信息预警研判机制，实现对道路“天、地、

空”的“一网统管”。

三、以黄河大道为试点 走出大城智管新道路

城市管理代表着一个城市的文明程度、发展水平和综合实力，既是营商环境，也是现实生产力。近年来，国内各大城市竞相发力城市品质提升，挖掘整理城市独有的面貌气质，以点及面激发城市活力。

作为黄河重大国家战略中唯一实体性新区、山东新旧动能转换桥头堡，济南起步区在推进城市管理现代化方面自然不甘人后。打造全市首家“无废餐厅”、餐厨垃圾就地变废为宝；推进环卫设备升级换代、提升环卫作业效能；无人机化身“空中城管”、助力建筑垃圾治理；持续创新宣传模式、引领垃圾分类新风尚……，各种“奇招”尽出，织密城市管理“针脚”。而此次黄河大道“马路大管家”服务项目，就是起步区在构建“大城管”格局、健全共建共治共享社会管理制度又一次突出尝试。

起步区城市管理相关负责人表示，区相关街道、环卫作业单位将紧紧围绕起步区绿色低碳高质量发展的总体目标，突破传统城市管理中存在的壁垒和困境，以黄河大道为试点，大胆开展城市管理“大管家”模式的创新创造，整合共享资源，提升管理绩效，实现经济效益、环境效益和社会效益的统一，为市民提供“畅、安、舒、美”良好出行环境，推进起步区城市治理体系和治理能力现代化。

（来源：环卫新资讯）

张家港深入推进基层综合行政执法

张家港市深入践行全过程人民民主理念，以基层综合行政执法标准化、规范化建设为契机，结合工作实际，扎实推进基层综合行政执法“全过程人民民主”，有效破解近年来基层执法工作面临的“联系群众不够密切、机制制度不够健全、执法行为不被理解”等问题，全力推动基层综合行政执法体制改革走深走实。

一、聚焦公开透明 推动执法全过程监督协同

张家港市出台《关于推进基层综合行政执法全过程人民民主的实施意见》，建立“信息互通、督查执法、问题移交”部门联合协作机制；针对占道经营、违法用地、环境污染、安全生产等经济社会发展的重点领域和群众反映强烈的突出问题，邀请“两代表一委员”、企业（群众）代表以执法“观察员”、履职“监督员”、法治“宣传员”身份参与执法全过程，履行“建议+监督+法宣”三项义务，实现各行业领域执法监管与民主监督的无差别、全覆盖。试点“区块链+公证”执法全过程记录应用，实施执法音视频“跟踪记录、实时留痕、‘云平台’可回溯”管理机制，确保执法记录过程真实可溯。



落实“双随机、一公开”监管工作机制，建立普通程序行政处罚案件经常性、常态化上传机制，将处罚信息第一时间上报至省公共信用信息资源管控平台。

二、聚焦统一规范 推动执法全过程管理闭环

创新打造镇一级综合行政执法数治管理平台，依托镇一体化综合指挥平台，强化重要时段、重点区域监管，实时掌握执法队员执法轨迹，实现基层执法资源统一指挥调度，全面形成违法线索、执法过程和处置结果“全流程”闭环管理。



建立“一站式”综合行政执法办案管理中心，严格执行“调询流程全系统监控、受询过程全方位记录、涉案物证规范化管理”标准，确保执法各要素全面规范、执法各环节有效衔接。深入推进“律师驻队”工作模式，充分发挥专业律师、法制员在规范执法行为、预防化解执法纠纷中的重要作用，全程“把关”行政执法工作，实现“1+1>2”叠加成效。

三、聚焦提素增能 推动执法全过程队伍培育

按照“一人多能，一岗多责”要求，制定“全科式”执法能手培育计划，通过“点对点跟班+点对点培训”“理论课堂+实践演练”等模式，多角度、多层次、多形式开展执法队员能力提升教学，确保“全领域”规范行使下放的444项执法权限。制定执行《执法人员管理规定》等13份执法队伍管理标准化、规范化文件，实行执法队员准军事化管理，落实执法辅助人员、第三方外包人员、企业专兼职安全员、环保员等队伍“同等标准、同样管理、同步培训”“三同管理”机制，科学制定执法队伍考评制度，定期邀请“两代表一委员”、企业（群众）代表开展执法队伍履职情况测评，着力打造忠诚、干净、担当、专业的高素质执法骨干队伍。

四、聚焦为民惠企 推动执法全过程质效提升

持续在提升执法力度、温度上下功夫，推广“说理式”执法模式，运用说服教育、劝导示范、警示告诫、指导约谈等方式，引导群众自觉守法。严格落实“免罚轻罚”清单3.0版，对首次违法、非主观故意案件，在广泛听取“两代表一

委员”、企业（群众）代表意见建议基础上，通过联席会议、专题会商、案件协办、案件会审等方式，严格落实重大案件法制审核制度，集体审议决定免罚、从轻处罚方式，充分体现执法为民，累计审议案件 21 起。统筹执法力量和资源，创新开展“综合查一次”执法检查，将原先涉及多个监管执法部门重点领域的多头检查、重复检查合并成“进一次门、查多项事、一次到位”，推动企业减负和营商环境持续优化，累计开展“综合查一次”执法检查 6 次。下一步，张家港市将持续推进基层综合行政执法“全过程人民民主”，进一步健全执法机制规范执法行为、严密执法监督，以精准执法服务经济社会高质量发展。

（来源：苏州城市管理）

新环卫收运体系下垃圾转运站存在问题 及发展前景分析

随着垃圾分类工作的实施推进，垃圾终端处置设施建设的不断完善，生活垃圾转运体系在环卫新形势下也发生了较大变化。传统的垃圾转运站通过小车变大车压缩生活垃圾体积，提高运输效率；后来餐厨垃圾开始借用转运站的空间进行转运；2018年开始为了更好的对接垃圾分类政策，鼓励转运站同步配套建设渗滤液处理站、大件垃圾、装修垃圾、园林废弃物等处置设施，有条件的可与生活垃圾分拣中心、公共厕所、环卫车辆停保基地等设施合建，形成了有效分类转运的环卫综合体建设模式。

转运站功能的不断扩展，有效衔接了垃圾前端投放设施和终端处置设施，为前端垃圾分类收集提供必要支撑，为后端分类处置提供可靠供给，提高了垃圾分类收集转运效率。本文分析了传统转运站建设运营过程中存在的问题，并针对新环卫收运体系下垃圾转运站的发展前景进行探讨。

一、存在问题分析

（一）规划选址未合理论证

早期建设的垃圾转运站，在场址选择的过程中未经过科学的分析，导致建成之后的转运站位置分布出现问题，有的转运站建设在远离生活垃圾焚烧厂的方向，垃圾收集及转运车来回往返，造成运营成本不必要的浪费；有的转运站远离居民生活垃圾产生的高负荷区域，或者考虑周边居民反对刻意避开城区，超出了设计规范要求的垃圾转运服务半径，导致环卫工人工作时间变长，垃圾收集转运成本增加，交通拥堵时环卫车辆不能及时到位等问题。垃圾转运站的位置选择未能充分考虑区域功能、人口密度、环境影响等因素的变化。随着城市规模不断拓展，旧城棚户区改造工作的推进，工业企业、高校的外迁均可能导致城市中心城区居住用地的重新分布，城市人口逐步向郊区疏散，中心城区人口逐渐减少，导致中心城区转运站分布出现不均衡。转运站的选址工作应注意与城市中长期发展规划相结合，合理规划建设用地，让垃圾转运站因服务范围区块人口变动的影响减少到最小。中心城区的垃圾转运也不应局限于行政区域的划分，应按照就近、及时、方便的原则进行清运，提高清运效率，降低清运成本。

（二）工艺设计未统筹考虑

（1）工艺选择不成体系

地区未深入实践“环卫一体化”的收运体系，转运站建设主体及运营主体不一致，各区县城内中转站是城管局

或城投集团建设管理，县镇又由各级乡镇建设管理，项目建设单位缺乏统一指导，对垃圾收集转运的工艺选择缺乏科学分析，存在一个县的几个乡镇建设了几种不同压缩工艺转运站的情况，导致同一县城不同乡镇配备的垃圾收集转运车不同，操作方式不同，车辆设备型号多而复杂，不便于各乡镇车辆在故障检修时相互调配使用，增加了后期运营维护和管理难度，协同效率及应急处置效率偏低。

(2) 占地面积与转运规模不匹配

转运站建设过程中，未完全按照《生活垃圾转运站技术规范》（CJJ/T47-2016）提出的相关指标进行建设，有的转运站建设面积过大，超出了规范上限，功能却未进行相应的扩展，浪费土地资源的同时增加了项目建设费用；有的转运站场地面积较小，在运营过程中经常出现收集车、转运站内排队拥挤的现象，影响垃圾转运效率；还有的转运站过于考虑周边居民的邻避情况，建设方厂址选择只能考虑辖区边角区域，工程地质条件较差，项目建设场坪费用甚至高于转运站主体设施建设成本或设备采购安装成本，导致整体项目投资过大，增加财政负担。

(3) 站内附属设施不健全

多数转运站在建设过程中只注重主体结构建设，忽视了厂区内附属设施的完善，影响了转运站的正常运营，如除臭设施设计、污水处理设计、车辆回转场地设计，消防道路设

计及给排水设计等，另外大部分垃圾转运站对厂区景观、绿化、铺装、灯光及小品设计重视不够，距离生态型、花园式转运站建设有不小的差距。

(三) 运营环境污染及邻避

尽管生活垃圾转运模式不断完善，但转运过程中垃圾洒落、臭气扩散、污水滴漏及机械噪声等二次污染问题并没有得到根本解决，垃圾转运站的环境卫生问题一直是转运站运营管理的瓶颈。在转运站运营过程中，垃圾车的行驶、装箱、卸料等过程会产生灰尘、垃圾散落，环卫车辆进出站及压缩设备工作时会产生噪声；生活垃圾在站内短暂停留时因发酵或暴露等原因会产生恶臭气体，由于垃圾的暴露、有机质腐败夏季往往会滋生大量的蚊蝇，垃圾转运过程中渗沥液及冲洗水未有效收集等，这些问题均会对周边环境产生较大的影响。转运站转运垃圾的特殊属性，是比较典型的邻避设施，而转运站邻避原因很大一部分是运营过程二次环境污染造成的，传统转运站由于用地规模较小，环保设施未设置或者不达标，作业过程中臭气、污水、噪声、垃圾撒落等环境影响普遍存在，周边居民对此反应强烈，不断投诉占用公共资源。因此，在转运站运营过程中应格外注重降低对周边居民的影响，以提升转运站在居民心中的形象，使得未来转运站的规划选址更容易得到附近居民的认可。

(四) 转运功能不能满足垃圾分类要求

传统转运站的建设，仅能转运其他垃圾，少部分可以兼顾餐厨垃圾，在垃圾分类新形势下，传统转运站在前端分类收集和末端分类处置中间未充分发挥分类转运的作用。很多区域通过制定“四分类、四颜色、四环节”的垃圾分类方案，即将居民生活垃圾分为厨房垃圾（绿色）、其他垃圾（橘黄色）、可回收物（蓝色）、有害垃圾（红色）四种类别，前端进行严格的分类投放，但是相应的转运环节却不能实现有效的分类运输，传统转运站由于转运功能的单一已经严重制约了垃圾分类的推进工作，如何拓展升级转运站的中转功能，将是解决垃圾分类工作梗阻问题的一项关键工作。

（五）清洁直运的困境

近年来国内若干城市开展生活垃圾清洁直运试点，通过桶车直运、车车直运等运输模式创新，将生活垃圾从收集点直接运输至垃圾焚烧厂，虽然清洁直运对转运站二次环境污染问题的改善效果明显，但据统计，关于垃圾运输不及时和噪声扰民情况的投诉却日益增多，直运模式下环卫车辆线路延长，应急调度困难，原区域转运站的网格化服务缺失，运输车辆不能随叫随到，造成垃圾清运不及时。大型直运车辆每天进出居民区附近，运输时间往往以每天清晨时间段为主，势必会影响到部分人群的生活质量，投诉的内容还涉及到影响市容、车容车貌、臭气影响、垃圾

撒落等方面。另外，直运点的增多，直运车辆的配置、驾驶员及辅助工的配备也随之增多，公共财政负担也不断增加。

（六）综合体建设标准规范缺失

传统转运站的建设，目前可参考的规范主要有《生活垃圾转运站运行维护技术规程》（CJJ109-2006）、《生活垃圾转运站工程项目建设标准（CJJ117-2009）》、《生活垃圾转运站评价标准》（CJJ/T156-2010）及《生活垃圾转运站技术规范》（CJJ/T47-2016）等。大件垃圾和建筑垃圾也有自身专用的单独技术规范和行业标准，但是对于综合性建设的环卫综合体建设标准尚存在空白阶段，对环卫综合体的污染控制标准、技术标准、运营技术规程及运营监管技术规程尚需完善。

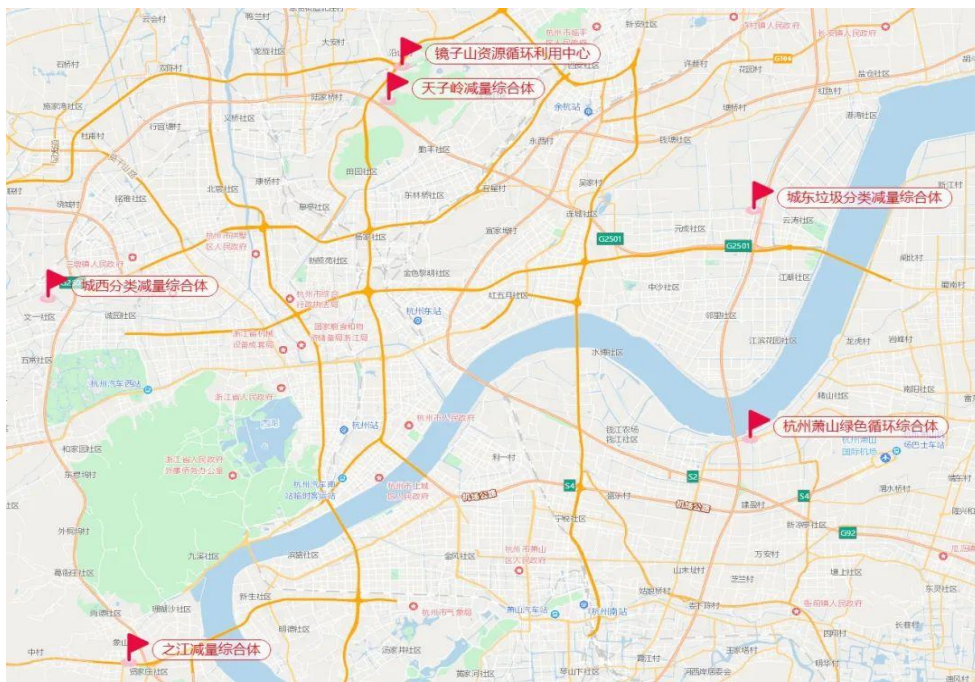


图 1 杭州市垃圾分类新形势下城市转运系统的优化布局

二、发展前景分析

（一）提升改造可向地埋式、移动式方向发展

城区垃圾转运站一直是市民关心的热点难点问题，老城区垃圾转运站可根据环卫规划、场地面积、建站费用等因素综合选择垃圾转运设备，转运站根据建筑形式的不同，可分为全地上转运站、半地下转运站、全地下转运站，根据转运方式的不同又可分为水平式转运站，垂直式转运站及移动式转运站。

全地下转运站是集密闭、环保、高效于一体的生活垃圾转运场所，其整个或部分设备隐蔽于地下，进行垃圾集中收集转运，此类转运站隐蔽性、密闭性较好，能很好的解决敞开作业模式存在的二次环境污染问题。

移动式转运站只需要一块车位大小的空地，就可以进行工作，可根据垃圾囤积情况随处移动，该种类型转运站将垃圾的卸（出）料、压缩、储存、运输集合在一起，节省了传统转运站的建设用地。考虑到周边环境影响及居民邻避因素，老城区转运站提升改造可考虑向地埋式转运站、移动式转运站方向发展

（二）规划新建应结合“清洁直运+高效转运”

生活垃圾运输史上分析，没有纯粹的直运或转运，而是要结合生活垃圾焚烧厂的地理位置进行合理布局，在我国城乡一体化进程不断加快的背景下，垃圾末端处理设施正逐步

从城郊向周边农村地区转移，垃圾终端处理设施的布局肯定会有远离垃圾焚烧厂的城区和靠近垃圾焚烧厂的城区，根据《城市环境卫生设施规划标准》（GB/T50337-2018）中规定，服务范围内垃圾运输平均距离超过 20km 时，宜设置大中型垃圾转运站。实践经验证明，“清洁直运+高效转运”的城市垃圾处理模式可实现生活垃圾运输服务的快速反应。大中型垃圾转运站是联系垃圾产生源头和垃圾焚烧厂的重要枢纽，科学地规划大中型垃圾转运站，对整个城市垃圾处置系统起到非常重要的作用。

（三）运营管理向智能化方向发展

垃圾压缩设备作为转运站的核心设备，其处理能力和压缩效率直接关系到转运站运营的好坏。随着城乡一体化的发展，生活垃圾产生量呈现猛增态势，对垃圾压缩设备一次处理能力和压缩效率有了更高的要求，设备智能化操作可以使压缩效率和设备质量得到有效提升，为了降低环卫工人劳动强度，垃圾压缩设备自动化要求也越来越高。近年来环卫综合体的建设，一直将场站智能化运营作为建设重点，垃圾收集车进站，设置无人值守计量装置，操作人员通过厂内监控或者中控室玻璃幕墙，指挥收集车进入预定泊位卸料，在卸料口设置风幕机和快速卷帘门，风幕机与快速卷帘门联动控制，车辆卸料时快速卷帘门开启，同时风幕机启动，避免臭气外泄，卸料完成后快速卷帘门自动感应关闭，压缩设备一

键式运转，压缩完成后转运车经自动计量称重驶离转运站。智能化运营管理是今后转运站建设的发展方向。

（四）打造“中转+X”功能扩展

在过去的垃圾收运体系中，垃圾不是进焚烧厂就是进填埋场。但在垃圾分类工作的推动下，前端垃圾被分为厨房垃圾、其他垃圾、可回收物及有害垃圾四类，后端也对应设置了分类处理设施：厨房垃圾进入餐厨垃圾处理厂；其他垃圾进入垃圾焚烧厂；可回收物进入资源再生利用中心；有害垃圾进入危险废物处置中心。

随着垃圾分类工作的逐渐深入和规范，当前转运站在前端分类收集和末端分类处置中间未能充分发挥分类转运作用，对垃圾分类中转尚存在功能上的缺失，传统转运站对生活垃圾减量化、资源化的提升有严重局限性，在大力推进生活垃圾分类的新形势下，应重点改变转运站中转功能的缺失，着力打造转运站“中转+X”的新模式。

鉴于分散建设不同种类垃圾转运设施，存在耗费土地指标、邻避效应突出、管理体系冗余及资源重复等弊端，未来的垃圾转运设施规划中，应更加注重转运站的扩能规划，大力推进环卫综合体的规划建设，将装修（大件）垃圾、绿化垃圾处置，厨余垃圾就地处理，再生资源分拣及有害垃圾临时贮存等设施纳入其中，同时在建设过程中还

应充分考虑环卫综合体的环保教育功能、车辆停保功能及智慧环卫管理等。

垃圾转运站功能拓展不仅是多个项目集中建设，更深层的意义在于合并管理，能源协同，污染物集中控制，为实现垃圾资源化、减量化、无害化提供高效的中间保障。另外由于转运站功能拓展，集散功能引入，经过合建合并的环卫综合体在辅助管理设施、污水处理、除尘降噪设施上相对于项目单独建设，占地面积、设施投资及运营管理人员数量也将会大大缩减。

（五）分类收运设施城乡融合全覆盖

《“十四五”时期“无废城市”建设工作方案》及“无废城市”建设指标体系（2021年版）规定了各地开展“无废城市”建设均需落实的25项约束性指标，其中四项涉及生活垃圾收运体系，且均被列为必选指标。其中生活垃圾清运量，是指城市全市域（包括城市和农村）范围内收集和运送到终端生活垃圾处理设施的生活垃圾数量；城市居民小区生活垃圾分类覆盖率是指城市城区和县城开展生活垃圾分类收集、分类运输的小区数量占比；农村地区生活垃圾分类覆盖率，指建制镇、乡和镇乡级特殊区域开展生活垃圾分类收集、分类运输的行政村数量占比；生活垃圾回收利用率，指未进入生活垃圾焚烧和填埋设施处理的可回收物、厨余垃圾的数量占生活垃圾产生量的比例。

由此可见，将农村生活垃圾逐步纳入城镇生活垃圾收运处理系统是无废城市建设的关键所在，未来应尽快构建城乡融合的生活垃圾治理体系，推动城乡环卫制度并轨，加快完善城乡分类转运设施，在全国地级及以上城市和具备条件的县城农村加快建立完善的生活垃圾分类运输系统。

三、结论

转运站是生活垃圾收运处置系统中的重要一环，随着垃圾分类工作的逐渐深入和规范，新环卫收运体系提出了生活垃圾分类投放、分类收集、分类运输、分类处置的建设要求，提升改善转运站的分类转运功能，将有效解决新环卫收运体系下转运环节难以匹配垃圾分类的问题。

鉴于农村生活垃圾将逐步纳入城镇生活垃圾收运处置系统，并与无废城市建设体系挂钩，建议尽快开展转运站城乡合理规划布点，建设模式更新，运营模式创新的工作，未来垃圾转运站将会迎来新的发展机遇。

（来源：CE 碳科技）

推动建筑垃圾全链条治理要疏通哪些堵点？

建筑垃圾是指建设单位、施工单位新建、改建、扩建和拆除各类建筑物、构筑物、管网等，以及居民装饰装修

房屋过程中产生的弃土、弃料和其他固体废物，包括工程渣土、工程泥浆、工程垃圾、拆除垃圾和装修垃圾等。

据住建部门的数据统计，我国城市建筑垃圾年产生量超过 20 亿吨，是生活垃圾产生量的 8 倍左右，约占城市固体废弃物总量的 40%。建筑垃圾已成为我国城市单一品种排放数量最大、最集中的固体废弃物，逐步取代生活垃圾成为“垃圾围城”的主角。

2018 年，住房和城乡建设部在 35 个城市开展建筑垃圾治理试点工作，摸索可复制可推广的经验做法。经过近年来试点工作的持续推进，35 个试点城市的建筑垃圾治理工作取得积极成效。试点城市的建筑垃圾资源化利用率达到 50% 左右，比试点前提高 15 个百分点，高出全国城市平均水平约 10 个百分点。

建筑垃圾资源化将带来明显环境效益，北京建筑大学相关学者研究发现，与实心黏土砖相比，使用建筑垃圾制成 1.5 亿块再生砖，可消纳建筑垃圾 40 多万吨，减少取土 24 万立方米，节约土地 340 亩。如果采取资源利用措施，1 亿吨的建筑垃圾可以节约 270 万吨煤炭、减少 130 万吨二氧化碳排放，将成为建筑领域实现“双碳”目标的关键。

一、把脉问诊，治理堵点有待疏通

当前，我国建筑垃圾治理工作仍存在一些问题堵点。中央生态环境保护督察发现建筑垃圾治理问题呈多样化，

如建筑垃圾无序堆放、非法倾倒、违规跨省转移倾倒、混杂生活垃圾、填占江滩、粗放运输、资源化综合利用率低、消纳能力不足、多头管理协作不畅等，生态环境风险很大。建筑垃圾全链条治理症结也呈多元化。

一是源头治理方面，工程建设方思想上不重视、认识不到位，偏向专注于施工进度和质量，忽视建筑垃圾源头减量，办理建筑垃圾处置核准手续不积极、制定编制建筑垃圾处理方案不主动，存在“未批先建”“未编先建”问题。建筑垃圾源头分类不到位，尤其装修垃圾与生活垃圾混合排放问题严重。

二是收运治理方面，渣土车管理不力，存在超载超速运输、车棚密闭不严、车体不净带泥上路、无证运输等违规行为，带来大气扬尘、噪声扰民、环境卫生污染等问题，增加道路安全隐患。

三是末端治理方面，大部分城市未将建筑垃圾处理设施列入城市土地利用空间规划，末端处置项目选址难、落地难、建设运行难，处置能力不满足实际需求；资源化利用企业面临收料难、再生产品质量不稳定、市场价格优势不明显等问题，经常处于“生产吃不饱、产品卖不出”的尴尬境地；违规堆存点屡禁不止，扰乱行业规范运行。

四是行业监管方面，发改、规划等部门负责建设项目审批规划，住建部门负责源头减量和资源化利用，城市管

理（环卫）部门负责中端运输，综合执法、交通警察等负责执法检查，多头分段管理，缺乏有效沟通，难以形成合力，“全链条管理经络”不畅。

二、对症下药，治理措施亟待深化

疏通建筑垃圾全链条管理堵点，提升城市精细化管理水平，需要各方以更高站位、更宽视野、更大力度破解“建筑垃圾围城”问题，以促进城市绿色低碳高质量发展，实现城乡人居环境改善、生态环境质量提升的目标。

一是摸清“家底”，通盘规划。掌握建筑垃圾的空间分布、体量变化等“家底”是精细化管理建筑垃圾的基础，是实现减量化、资源化、无害化的重要支撑。要搭建全链条数据平台或建立“三联单”制度，产生方、运输方、处置方均准确记录外排或收纳数量。管理部门需结合城市建设发展速度，预计建筑垃圾产生量变化趋势，为资源化利用、末端处置设施建设等提供数据支撑。

二是健全制度，形成规范。主要领导要亲自抓，建立健全部门分工协作的工作机制，理顺建筑垃圾管理体制，形成部门管理合力。要建立建筑垃圾分类处理制度，制定包括源头减量、分类处理、处置设施和场所布局及建设等在内的防治工作规划，并纳入城市整体空间规划布局，建立建筑垃圾回收利用体系等。

三是明确责任，协同管理。按照“谁排放、谁负责”的原则，严格落实《固体废物污染环境防治法》相关责任要求。建设、施工单位要承担建筑垃圾减量化的首要责任，明确工程建设项目建筑垃圾减量化的目标、措施和费用。住建部门要严抓源头减量化、末端资源化，将建筑垃圾处置作为审批重点；城管（环卫）、交通等部门要规范渣土车运输行为；执法部门要严格执法，严厉打击违法运输、违法倾倒等行为。

四是改革创新，激活市场。加大建筑垃圾资源化再生产品生产技术创新力度，提升再生产品的质量。制定统一的再生产品生产、利用标准，给予相关企业税收、补贴等金融措施优惠。主动扩宽、引导再生产品市场使用范围，在城市更新和存量住房改造提升中优先应用建筑垃圾再生产品，提高建筑垃圾资源化利用率。

五是加强宣传，营造氛围。要充分发挥舆论宣传作用，使社会公众和行业人员深刻认识建筑垃圾减量化、资源化的重要意义。开展建筑垃圾减量化、资源化项目示范引领，促进经验交流，推广普及成熟做法和先进经验，在全行业形成自觉推动建筑垃圾减量化、资源化的良好氛围。

（来源：中国环境报）

广州试点“全域服务治理”

城市在高质量发展，公共服务也要优化提升。近期广州在全国范围内先行先试，扭转城市管理方式，试点开展“全域服务治理”，即在不增加财政负担情况下，通过整合资源、引入第三方等方式提供集约化服务，实现城市管理和社区服务向精细化、低成本、高效化转变。

这是全新的社会治理新模式，不仅提升了城市管理水平，并且破解了基层社区多个难题，可谓是事半功倍，一举多得。全域服务治理将怎样改变粗放型城市管理？如何做到降本增效？如何促进城市治理体系和治理能力现代化？广州在开展试点工作中探寻答案和成果。

企业能做好城市管理“大管家”吗？

今年国庆假期广州各大旅游景区都迎来了四面八方的游客，荔湾区沙面岛也不例外。不过，市民游客发现，过去沙面岛的停车难问题，在这个假期里并没有出现，原因是沙面岛西南角建起了占地 7680 平方米的立体机械停车场，停车场共有 480 个停车位，其中一层 SUV 大型停车位 77 个，二至六层小型车停车位 403 个，满足不同车型需求。

“过去沙面岛不仅有停车问题，由于缺乏专业物业管理，社区卫生状况不堪，脏乱现象让居民都摇头叹息。”居民刘先生说，街道部门因为经费资源问题，投入的人力物力有限，不能兼顾方方面面。“加上沙面岛本身旅游观光的功能，街道在社区和景区管理上要同时兼顾，更显力不从心。”以有限的资源，要取得社会管理的最大成效，这个难题怎么解？荔湾区沙面街道率先开展全域化服务治理，引入专业化全域服务企业参与治理，用精细服务进行城市管理。街道与提供全域服务的第三方企业签约，由第三方企业为街道提供包括保洁、安保、三防、消杀等服务。

从此，沙面街道多了一个“大管家”，变化不小。沙面岛各个出入口都常态化增设了交通安全劝导岗，由“大管家”派员值守，管理交通之余，还会为游客指引道路。“大管家”带来专业物业管理，让沙面岛环卫保洁机械化，环卫效率大幅提高，市容卫生情况有了很大改善；原本没有物业管理的老旧社区，因为全域服务治理，也享受到物管服务，居民的居住环境也变得舒适。

另外，随着全域服务治理的深入，沙面岛通过立体机械停车场和企业提供的 AI 技术，还能把客流车流监控、停车场车位监控等情况通过全方位大屏智能数据展现，方便实时管理。如今沙面岛干净整洁的市容环境，居民和游客都连连点赞。

沙面街是广州推行全域服务治理试点工作的一个缩影。和沙面街一样，目前广州已有 30 个镇街分两批实施全域服务治理模式。

“政府将行政管理和行政执法以外的服务性、事务性工作委托给第三方服务企业实施，让企业承担城市管理‘大管家’的角色，确实能有效分担政府部门的工作压力。全域服务企业能投入更多的人力和物力，保障兼顾社区管理的方方面面，让管理和服务能渗透基层，甚至可以落实到每一位居民、游客。”广州市城管部门有关负责人介绍，在不增加现有财政负担的情况下，全域服务治理通过整合城市维护经费提供集约化服务，不断提升城市管理科学化、精细化、智能化水平。

基层管理降本增效，公共服务如何持续？

全域服务治理是一次城市管理的管理理念、管理手段、管理格局的与时俱进和不断创新，推行初期也受到过各方质疑和不解。特别是在资金有限的情况下，全域服务企业如何保证高品质的服务和基础设施升级？

广州市城管部门有关负责人介绍，第三方全域服务企业，可以通过盘活闲置公共资源和导入产业等方式，在政府不增加财政负担的前提下，让企业实现自我“造血”，让企业在向市民提供高质量公共服务的同时，为基层政府减负，实现降本。

如何让企业实现自我“造血”？目前广州在试点镇街中，鼓励第三方全域服务企业充分发挥市场主体，开发利用公共资源、导入产业等方式，实现融合发展创收，最终反哺城市服务治理，实现公共资源价值的最大化开发。

在增城区增江街道，通过和华润集团润高公司合作，深挖试点区域的闲置资源和发展潜力，以市场化的运营方式，开展充电桩、洗车场、奶站等经营性设施的建设，令企业获得收益，在提高城乡接合部公共服务供给水平的同时，让企业“留得下”。

“全域服务治理强调不增加现有财政负担，鼓励整合政府各个条线资源，通过企业为城市空间提供集约化服务。”广东财经大学副教授王妙妙一直在跟踪全域服务治理在广州的开展情况，通过对试点区域开展跟踪调研，她认为，全域服务治理是“以物为中心”的传统城市管理向“以人中心”的新型城市服务治理理念的转变，而全域服务治理工作核心价值在于降本、增效、减负。

王妙妙说，全域服务治理能降低政府购买服务成本，提升工作效能，提升城市治理的水平和效率，更要体现“花小钱办大事”。“这就意味着，在实施全域服务治理过程中，需要有效抓住城市治理的核心问题，将分散的资源进行有效的盘活和整合，使其发挥最大效率。试点企业通过精准把握

诉求、精准回应问题，为各个环节的管理工作提供明确指导，有效提高管理工作成效。”

据了解，接下来，全域服务治理将在广州进一步铺开，更多街道将会采取这种全新的社会治理模式。下一步将进一步规范企业服务运营，提升服务标准和质量，尤其在产业规划与建设方面，通过政府引导、激励扶持、制定政策等方式吸引市场主体，更好提升基层治理活力，实现资源及能力的互补合作，助力建设美丽、绿色、智慧、活力、幸福社区，构建共建共治共享的基层社会治理新格局。

（来源：广州日报）

广州积极探索垃圾处理二次产物多元化利用渠道

广州市现有在运营生活垃圾处理设施 24 座，其中焚烧处理设施 12 座，生化处理设施 8 座，飞灰填埋设施 4 座，焚烧处理能力 3.3 万吨/日、生化处理能力 0.6 万吨/日，有力保障了全市垃圾无害化处理工作。

近年来，广州市城管部门坚持市场导向，充分发挥市场在资源配置中决定性作用，鼓励运营企业积极探索开展循环经济产业园内外双循环，丰富余热、沼气等利用途径，增加企业运营收益，降低设施运营成本，提高企业自我抗风险能力。

一、拓展焚烧厂热能利用

通过将主蒸汽、抽汽管道接驳供热管道向企业供热，焚烧厂节省了“热转电”“电转热”等两次能量转换环节，大幅提升能源利用效率。目前，第一、第三、第六资源热电厂已对 7 家企业开展了供热业务，最大供气量 67 吨/小时。

二、加强沼气资源化利用

结合生物质处理设施产能、区位等特征，采取最优沼气利用方式，因地制宜采用燃料输送至焚烧炉内助燃、提纯制作天然气、加热焚烧炉一次风、沼气发电等四种利用

方式。如南沙餐厨垃圾处理厂产生的沼气采用提纯至天然气的利用方式。

三、保障炉渣全量资源化利用

采用国内成熟炉渣处理工艺，通过破碎、筛分、磁选、淘汰机、涡电流、摇床等流程，使炉渣中废旧金属回收再利用，提取炉渣中沙子制作建筑材料、环保砖等，全部实现资源化利用。

四、推动再生水循环利用

全市 7 座循环经济产业园按照“雨污分流、集中处理、分级回用”的原则，通过优化内部用水结构，将再生水用于园区绿化用水、生产用水等，大幅降低园区自来水用量，实现再生水利用率 100%。

下一步，广州市城管部门在确保生活垃圾处理设施安全处理前提下，指导企业继续探索余热多元化利用途径，打通技术瓶颈，实现远程供热利用，提高设施综合利用效益，助力广州市构建绿色低碳循环发展经济体系。

（来源：广州市城市管理和综合执法局）

上海探索湿垃圾深度资源化处理新路径

距离上海市中心 70 公里的老港生态环保基地(以下简称老港基地),承担着全上海超 50%的生活垃圾末端处理和资源化的重任。据悉,目前老港基地内建成并运行了大规模、高度自动化、安全的黑水虻养殖示范项目。



老港基地承担全上海超 50%生活垃圾末端处理和资源化的重任

在生产线开足马力后,老港黑水虻工厂每天有约 5 亿条黑水虻幼虫“打工”,一天就能吃掉 50 吨预处理后的湿垃圾残渣。据了解,利用黑水虻处理餐厨垃圾是一种新的生物处理技术,既可以实现厨余垃圾资源化、减量化、无害化目标,又能获得养殖收益,实现经济效益与环境效益双丰收。

老港基地有关负责人介绍，湿垃圾常规处理工艺是“预处理+厌氧产沼气”，优点是成熟简单；缺点是处理效率低。他解释，厌氧菌分解有机物需要30天到40天，设备体积大占地面积大。同时，厌氧菌分解有机物不够彻底，通常厌氧罐会有30%的渣残留；另外，厌氧处理后还有大量的高浓度污水需要进一步处理。

“我们进一步探索湿垃圾深度资源化处理的新路径。经过多方调研和比选，最终选定黑水虻这种昆虫进行湿垃圾处理。”相关负责人表示，“以黑水虻为代表的生物养殖技术是一种新兴工艺，可实现湿垃圾的高效处理和资源化、减量化。湿垃圾经黑水虻处理后，主要产物是黑水虻虫体和虫砂，分别是优质的昆虫蛋白和有机肥，不仅降低了湿垃圾处理成本，还具有显著的经济价值。”记者看到，在工作人员从车间带出的筐里，黑水虻幼虫被湿垃圾残渣养得白白胖胖。



黑水虻养殖车间

据悉，黑水虻是联合国粮农组织指定的可食用资源型昆虫。黑水虻幼虫富含活性蛋白、昆虫脂肪、益生菌、抗菌肽及甲壳素，被誉为“动物人参”，可作为动物的主食或者饲料的补充。黑水虻幼虫食谱广、食量大、营养需求低，饲养安全性高，拥有巨大的有机废弃物处理潜力。在采访中，记者了解到，黑水虻幼虫除了含有很高的蛋白质外，还含有很高的脂肪，这使其成为一种具有研究价值和实际应用意义的生物柴油原料。目前，黑水虻资源化产品的应用主要包括昆虫蛋白饲料、医药和保健品、生物柴油和生物有机肥等。

在上海生物能源再利用项目二期，记者看到，机械臂和传送带在不同的箱体间运转。养殖车间分为孵化区、养殖区和布料收割区，在黑水虻长到最肥壮时便会由传送带送到后处理车间的筛分机器上，通过两级振动筛的旋转，实现“虫粪分离”。据悉，“孵化后的黑水虻幼虫将在‘暴食’期，会吃掉相当于自身体重 200 倍的湿垃圾，体重可增长数十倍。目前，通过黑水虻的努力打工，大量湿垃圾得到更高效处理，湿垃圾中的有机物均转化成了优质昆虫蛋白，产品收益较原处理方式翻了一番，扣除运行成本后净收益增加逾 30%。不过，由于黑水虻早期养殖基本为散养状态，缺乏科学有效的养殖工艺，养殖效率低、效果差，且大规模工程实施仍存在技术瓶颈，比如：孵化、饲喂和

产品加工等环节的规模化有待进一步突破；专业的工艺设计和系统集成、全流程自动化水平有待进一步提升等。

在老港基地，记者看到，总投资约 16.57 亿元的上海生物能源再利用项目三期正在建设中，这是上海市生活垃圾全程分类体系“补短板、提能力”的重要项目，也是上海市“十四五”期间重点工程项目之一。三期项目主体工艺采用干、湿协同实现有机物料的“全量厌氧”，辅以多元深度资源化技术，每天产生的沼气可发电 38.8 万度，生产 CNG14.4 万立方米，以及大量毛油、饲料和有机肥原料，真正实现湿垃圾“从自然界来，到自然界中去”的生态循环，体现多元低碳、全量再生理念。现场工作人员表示：

“新的空间已经预留出来，未来可将湿垃圾残渣消纳能力扩大至 450 吨/日。就看黑水虻的表现了。”

据悉，目前已经实现全量运营的上海生物能源再利用中心一、二期，总规模为处理湿垃圾 2500 吨/天，其中餐饮垃圾 1300 吨/天，厨余垃圾 1200 吨/天。有关负责人介绍，三期项目主体工程占地面积 299.1 亩，设计处理规模为厨余垃圾 2000 吨/天；建成后，老港生态环保基地每日湿垃圾总处理规模将达到 4500 吨，成为全球规模最大湿垃圾深度资源化利用基地之一。

（来源：中国新闻网）

广州市生活垃圾处理温室气体排放特征及减排建议

一、引言

随着人类社会的发展，人口快速增长，每日所产生的生活垃圾也在逐年增加。据预测全球生活垃圾产生量在 2050 年将达到 34 亿吨，较 2016 年增长约 70%。中国作为人口大国、最大的发展中国家，在发展过程中同样面临与日俱增的生活垃圾量对生态环境带来的巨大压力，伴随生活垃圾处理过程中甲烷、二氧化碳、氧化亚氮等温室气体碳排放量也愈加增大。习近平总书记在党的二十大报告中强调，“立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破，有计划分步骤实施碳达峰行动。”我国力争 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和。

随着“双碳”目标的提出，国内众多学者已对各城市开展温室气体排放核算的研究，郭宇杰核算了天津市 2009—2018 年生活垃圾处理碳排放量，分析碳排放时间特征和影响因素，建议控制生活垃圾产生量、增加焚烧处理比例和提高填埋场甲烷回收率实现碳减排。刘春红测算北京市 2010—2019 年期间不同生活垃圾处理模式下温室气体的排放量，分析 CO₂ 排放量的变化特征并提出碳减排策略。唐伟等估算了 2005—2016 年杭州市生活垃圾处理过程中的温室气体排放

量，结果显示卫生填埋处理的温室气体排放量远大于焚烧处理。近年来国内一线城市中陆续实现生活垃圾“零填埋”，处理方式已与以往有较大差别，但鲜有针对生活垃圾处理方式随时间变化对温室气体排放特征影响的研究。

2021年广州市生活垃圾实现“零填埋”，清运量约占全国生活垃圾清运量的3.07%，并且广州市生活垃圾的处理水平高于全国平均水平，位于全国前列。本文以广州市为例，依据《2006年IPCC国家温室气体清单指南》（简称《IPCC指南》）及2019年修订版，测算在2011年至2022年期间不同生活垃圾处理方式产生的二氧化碳和甲烷等温室气体排放量，分析碳排放量随处理方式、处理量和时间变化的排放特征，提出相应的减排建议，为相关职能部门制定政策提供参考。

二、材料与方法

（一）我国城市生活垃圾处理基本情况

近10年来我国城市生活垃圾清运量平均增速超过7个百分点，2021年全国城市生活垃圾的清运量为24869.2万吨，较2011年增长了89.6%。据《中国统计年鉴》（2012-2022年）数据显示，我国城市生活垃圾无害化处理率从2011年的79.7%增长至2021年99.9%，全国城市生活垃圾无害化处理率接近百分百。

截止2021年统计数据显示，我国城市生活垃圾无害化

处理方式主要有卫生填埋、焚烧和其他处理(好氧堆肥、厌氧发酵等),其中卫生填埋场 542 座,焚烧处理厂 583 座,其他处理方式 282 座。在 2019 年前,卫生填埋为我国城市生活垃圾的主要处理方式,随着焚烧处理技术凭借其绿色环保、占用土地资源少等优势,在我国得到迅速发展逐渐替代传统的卫生填埋成为主要处理方式。其中 2019 年我国城市生活垃圾焚烧处理量超过卫生填埋处理量,标志着我国城市生活垃圾焚烧处理水平和处理能力得到显著提高,详见图 1。

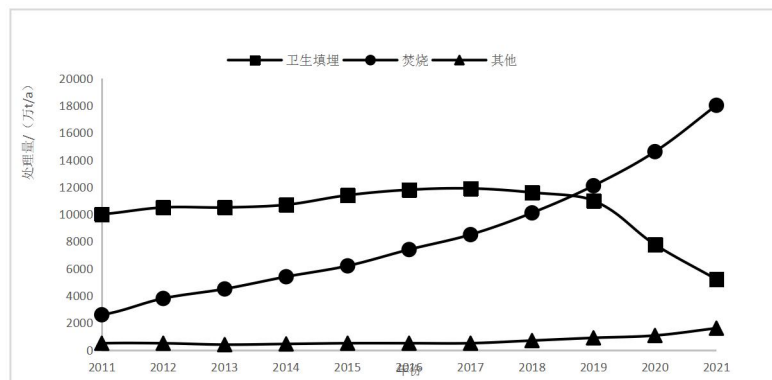


图 1 城市生活垃圾不同处理方式的处理量

1. 广州市生活垃圾产生和处理情况

根据《广东统计年鉴》(2012-2022)数据显示,广州市生活垃圾产生、处理及人均日产生量如表 1 及图 2 所示。生活垃圾产生量按清运量计算,由表 1 可见广州市 2021 年生活垃圾人均日产生量为 1.11kg,2011—2021 年期间人均日产生量为 1.05—1.45kg,平均值为 1.13kg。如图 2 所示,广州市生活垃圾处理量在 2011—2019 年持续呈现增长趋势,从 2011 年 450 万吨增长至 2019 年的 800 万吨,年均增长率

超过 7%。2020—2022 年受疫情影响，生活垃圾产生量出现下滑，保持在 750 万吨左右。广州市生活垃圾无害化处理率自 2011 年起，从 81.40%逐年递增并于 2018 年达到 100%，实现全市生活垃圾无害化处理。

表 1 2011—2021 年广州市生活垃圾的人均日产生量 kg/(人·d)

年份	人均量
2011	1.20
2012	1.05
2013	1.37
2014	1.45
2015	1.05
2016	1.07
2017	1.10
2018	1.14
2019	1.21
2020	1.07
2021	1.11

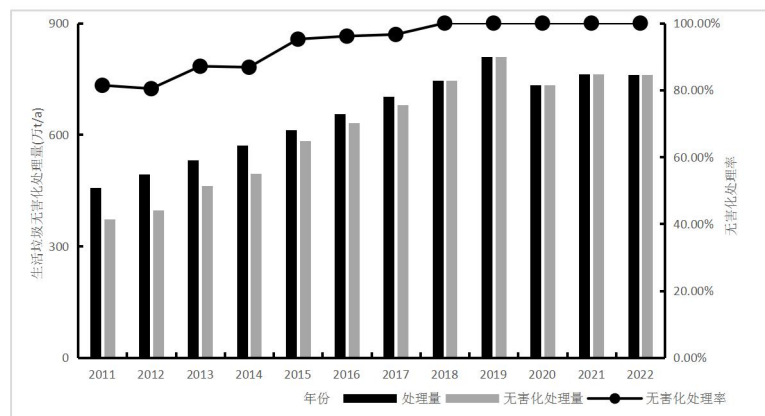


图 2 2011—2022 年广州市城市生活垃圾处理量及无害化处理率

随着科技的发展，对处理技术的要求不再仅限于完成处理，更多地要求在处理过程中实现能量回收，有效控制污染排放，实现温室气体减排。广州市生活垃圾处理主要有三种方式，分别是焚烧处理、卫生填埋、生化（主要为厌氧），目前焚烧处理厂 12 座，处理规模 3.3 万吨/日；生物质厂 8 座，处理规模 6110 吨/日；填埋场 4 座，2022 年起已停止接收原生生活垃圾，用于飞灰填埋。不同处理方式近年处理量变化情况如图 3 所示。广州市生活垃圾卫生填埋处理量每年增长趋势超过 5%，在 2017 年达到峰值 600 万吨，之后呈现逐年逐减直至 2021 年下半年实现原生生活垃圾零填埋；焚烧处理量和生化处理量呈现逐年递增趋势，其中 2019 年焚烧处理量首次超过卫生填埋，当年处理量焚烧占 55%，卫生填埋占 43%，生化处理占 2%，具体如图 4 所示。2022 年全年生活垃圾处理量为 760 万吨，焚烧处理 662 万吨，生化处理 98 万吨。

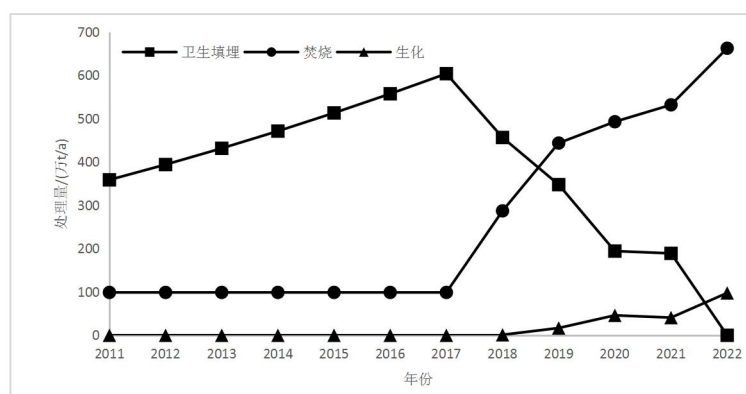


图 3 2011—2022 年广州市生活垃圾不同处理方式的处理量曲线

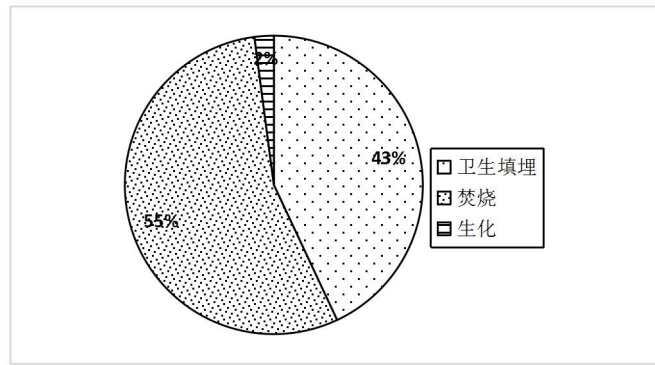


图 4 2019 年广州市生活垃圾不同种处理方式的处理量占比

2. 广州市生活垃圾处理温室气体排放量测算

研究边界 从全球长远碳平衡的角度来看，生物质产生的碳释放到大气环境中并不会增加碳含量，因此在测算不同情形碳排放时，生物质通过降解或者焚烧等形式产生的 CO_2 ，按《IPCC 指南》要求不计入碳排放总量。本研究中碳排放主要包括卫生填埋、焚烧处理和厨余垃圾生化处理过程中产生的 CH_4 和 CO_2 等温室气体，同时考虑处理过程输出能量产生的减排效应。

核算方法 质量平衡方法能将固定生活垃圾视为完全分解，量化了生活垃圾的产生、排放和回收等环节，简化了生活垃圾处理复杂的过程以及相关的影响因素，是被广泛采用的模型。李欢利用质量平衡模型，测算不同生活垃圾处理技术碳排放情况，并针对不同层次需求提出生活垃圾低碳化策略，本文研究将参考其成果对广州市生活垃圾碳排放进行测算。

(1) 生活垃圾卫生填埋

生活垃圾在填埋后厌氧发酵过程中，填埋场无填埋气收集系统的情况下，视其碳排放总量为最大值，其中 CH_4 和 CO_2 排放量计算公式如下：

$$E_{\text{CH}_4} = W \cdot \text{DOC} \cdot \text{DOC}_f \cdot \text{MCF} \cdot F \times \frac{16}{12} \quad (1)$$

$$\text{DOC} = \sum \text{DOC}_i \times f_i \quad (2)$$

式中： W 为湿重生活垃圾填埋处理的总量，t； DOC 为生活垃圾中可降解有机碳的含量，本文根据 2011—2022 年生活垃圾各物理组分计算得到； DOC_f 为生活垃圾中可分解的 DOC 比例，《IPCC 指南》推荐缺省值为 50%； f_i 为生活垃圾中成分 i 的含量比例，%； MCF 为 CH_4 排放量修正因子，《IPCC 指南》推荐厌氧填埋场缺省值为 100%； F 为填埋气体中 CH_4 的含量比例，《IPCC 指南》推荐缺省值为 50%； $16/12$ 为 CH_4/C 分子量比率；生活垃圾各组分相关参数如表 2。

表 2 生活垃圾碳核算计算参数

类别	碳含量/%	矿物碳含量/%	生物碳含量/%
厨余垃圾	38	0	15
纸类	46	1	40
橡塑类	75	100	39
纺织类	50	20	24
木竹类	50	0	43
灰土类	3	100	0

(2) 焚烧处理

生活垃圾焚烧过程中产生的温室气体主要包括 CO_2 、 CH_4 、

N_2O ，一般情况下 CO_2 排放量占比最多，本文仅考虑 CO_2 的排放。生活垃圾基本上由厨余垃圾、纸类、橡塑类、纺织类、木竹类和灰土类等六大类组成，其中橡塑、纺织、灰土等焚烧过程中产生的 CO_2 为矿物成因(或化石成因)，纳入温室气体排放核算中。而厨余垃圾等部分焚烧排放的 CO_2 为生物成因，不列入温室气体排放计算中。焚烧处理产生 CO_2 排放量的计算公式(3)：

$$E_{CO_2} = \sum (IM_i \cdot CCW_i \cdot FCF_i \cdot EF_i \times 44/12) \quad (3)$$

式中： IM_i 为第 i 种类型垃圾成分的焚烧量，t； CCW_i 为第 i 种类型垃圾成分中的碳含量比例，《IPCC 指南》推荐缺省值见表 2； FCF_i 为第 i 种类型垃圾成分矿物碳占碳总量的比例，《IPCC 指南》推荐缺省值见表 2； EF_i 为第 i 种类型垃圾成分的燃烧效率，取 95%；44/12 为 C 与 CO_2 的分子量比率。生活垃圾焚烧发电替代燃煤减排效果计算公式(4)：

$$E_R = W \cdot EG \cdot EF_{coal} \cdot (1 - \theta) \quad (4)$$

式中： EG 为每吨生活垃圾焚烧处理的发电量，实地调研广州市焚烧处理厂每吨生活垃圾焚烧发电量 2020 年为 $480kW \cdot h/t$ ，2021 年为 $525kW \cdot h/t$ ，2022 年为 $534kW \cdot h/t$ ，2011-2019 年数据缺失按 $360kW \cdot h/t$ 计算； EF_{coal} 为燃煤发电的 CO_2 排放因子，中国主要火力电企业发电的单位 CO_2 排放量为 $0.7-0.8kg/kW \cdot h$ 左右，本文取 $0.8kg/kW \cdot h$ 计算； θ 为发电自用比例，实地调研取 20% 计算。

(3) 生化处理

我国生活垃圾中含有大量厨余垃圾，高盐、高含水率严重影响填埋或焚烧处理，因此近年来单独收运处理厨余垃圾得到快速发展。广州市生化处理以厌氧发酵产沼发电为主，本文以此为例。厌氧发酵简单来说就是将厨余垃圾中大量的DOC转化为 CH_4 和 CO_2 ，其中 CH_4 含量在50%左右， CH_4 通过燃烧发电转化为 CO_2 。而《IPCC指南》中温室气体依据计算同步性原则，假设厨余垃圾在处理过程中吸收的 CO_2 量和产生的 CO_2 量是相等的，因此厨余垃圾处理过程中排放的 CO_2 量不纳入测算中。只考虑处理过程中排放的除 CO_2 以外的其他温室气体(CH_4 和 N_2O)以及上网发电替代燃煤的 CO_2 减排量。

沼气发电效率一般在 $1.68 - 2.00 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{m}^3$ ，大约 0.2 kgCH_4 可回收 $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 电能。火力发电企业发电的单位 CO_2 排放量本文取 $0.8 \text{ kg} / \text{ kW} \cdot \text{h}$ 计算，因此 1 kgCH_4 发电可减少燃煤 CO_2 排放 4 kg ，即相同电能产生条件下 CH_4 与 CO_2 转化系数为4。甲烷燃烧发电替代燃煤减排效果计算公式(5)：

$$E_R = W \cdot \text{DOC} \cdot \text{DOC}_f \cdot \text{MCF} \cdot F \times \frac{16}{12} \times 4 \times (1 - \theta) \quad (5)$$

式中： W 为湿重厨余垃圾处理的总量， t ； DOC 为厨余垃圾含可降解有机碳(湿基)取值 7.23% θ 为发电自用比例，本文取值 50% 。

三、结果与讨论

(一) 物理组成

2011—2022 年广州市生活垃圾物理组成如图 5 所示，橡塑、纺织、纸张和厨余垃圾约占生活垃圾的九成。其中，厨余类占比持续在 50%左右，2011 年—2019 年占比在 50%以上，最高为 2019 年的 55.04%。2020 年—2022 年受垃圾分类政策影响略有下降，厨余类占比基本保持在 50%以下，最低为 2021 年的 45.87%。橡塑类受外卖、快递等行业的迅猛发展影响，自 2011 年由 17.96%稳步递增，2018 年起明显波动增长，最高为 2021 年 27.82%。

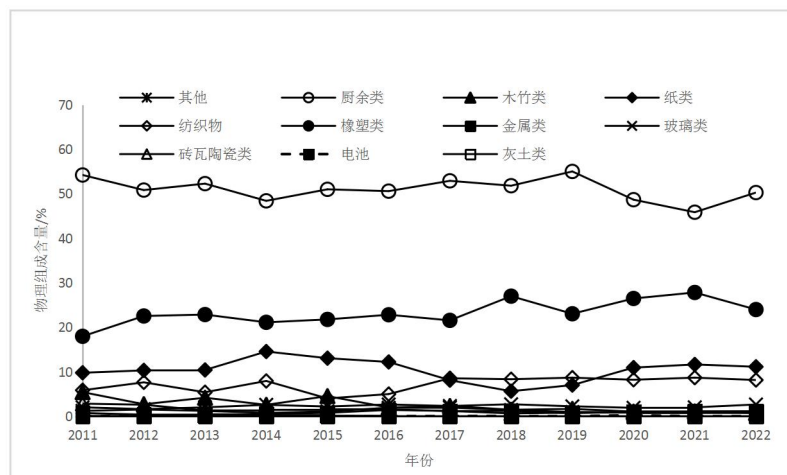


图 5 2011—2022 年广州市生活垃圾物理组成含量

(二) 温室气体排放量变化

2011—2022 年广州市生活垃圾不同处理方式的温室气体排放量详见图 6—图 8。由图 6 可知，2011—2022 年广州市生活垃圾通过卫生填埋方式处理所产生 CH_4 排放量总体呈先增后减的趋势， CH_4 排放量从 2011 年的 16.98 万吨递增到 2017 年的峰值 25.75 万吨，之后逐步递减至 2021 年的 7.99 万吨，同年实现零填埋。由图 7 可知，广州市生活垃圾焚烧处理产

生的 CO₂ 其排放量在 2018 年前一直稳定在 60 万吨左右，随着广州市焚烧处理能力和处理量激增，焚烧产生的 CO₂ 排放量增长显著，较 2017 年增长了 6.4 倍，达到 431 万吨。而由生活垃圾焚烧发电替代燃煤减排量同样呈现递增趋势，从 2017 年的 22.93 万吨增长至 2022 年的 242.00 万吨，增长了 9.6 倍。生化处理只考虑处理过程中排放的除 CO₂ 以外的其他温室气体 (CH₄ 和 N₂O) 以及上网发电替代燃煤的 CO₂ 减排量，因此本文研究只涉及到替代燃煤的 CO₂ 减排量。由图 8 可知，广州市厨余垃圾生化处理从 2018 年开始，后稳步发展，厌氧发酵产沼发电替代燃煤的 CO₂ 减排量呈现上升趋势，2022 年达到 9.29 万吨。

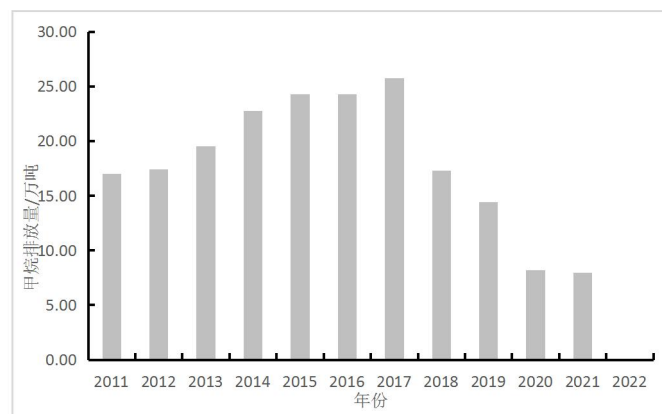


图 6 2011—2022 年广州市生活垃圾卫生填埋 CH₄ 排放量变化

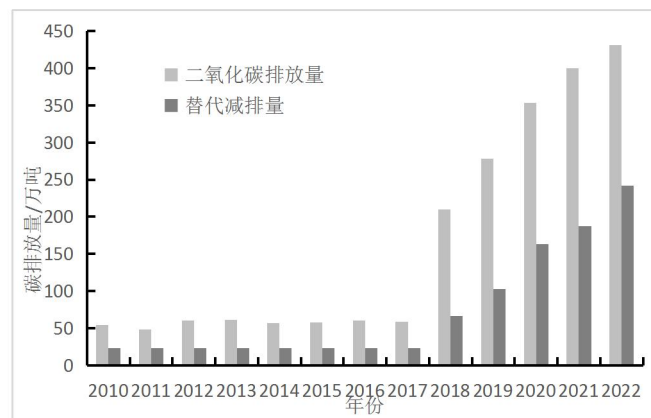
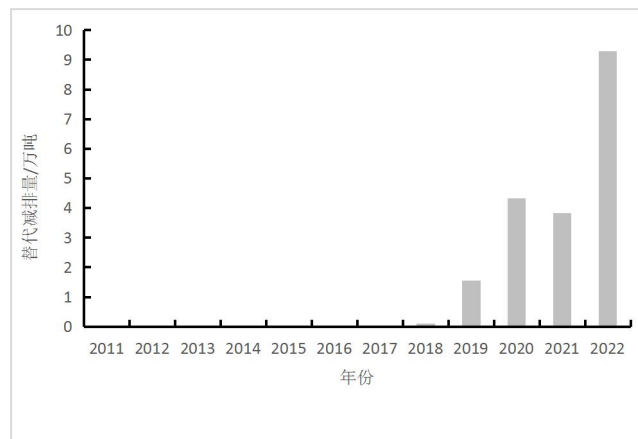


图 7 2011—2022 年广州市生活垃圾焚烧 CO₂排放量及替代减排量变化图 8 2011—2022 年广州市生活垃圾生化处理 CO₂替代减排量变化

(三) 温室气体排放量随时间变化特征

IPCC 第六次评估 (AR6) 指出了全球气候变化的紧迫性和强调了适应气候变化的必要性, 提供了更精准的气候变化数据。报告中指出, CH₄ 产生的温室效应是相同质量 CO₂ 的 28 倍。本文统一将 CH₄ 的排放量换算为 CO₂ 的排放当量, 得出广州市在 2011 年至 2022 年期间不同处理方式的 CO₂ 排放总量承随时间变化的特征, 如图 9 所示。广州市生活垃圾处理过程中产生的 CO₂ 排放总量随时间变化特征整体为先上升后下降的变化趋势, 排放量峰值为 2017 年的 756 万吨, 较 2011 年增加 256 万吨, 而逐年下降至 2022 年历史最低水平 180 万吨。结合前文图 3 可知, 2011—2017 年广州市生活垃圾处理以卫生填埋为主, CO₂ 排放当量随填埋处理量增加而升高。2018 年开始垃圾焚烧处理量激增, 并于 2019 年首次超过卫生填埋处理量, 同年垃圾焚烧处理产生的 CO₂ 排放量只有卫生填埋的 29%, 说明焚烧处理的 CO₂ 排放强度远低于卫生填埋。

2018年至2021年期间CO₂排放强度较低的焚烧处理方式逐步取代传统的卫生填埋，即使生活垃圾量在稳定增长，但生活垃圾处理的CO₂排放量仍呈现下降趋势。2022年起，广州市生活垃圾处理以焚烧为主、生化为辅，未来温室气体排放量将在现有垃圾处理模式下随垃圾产生量成正比变化。

目前的计算基准中卫生填埋的填埋气回收率 f_y 取0，并未考虑CH₄燃烧发电替代燃煤CO₂减排等情况。在实际情况中，我国管理良好的厌氧填埋场能够实现60%到80%的沼气收集率。计算基准中若充分考虑 f_y 的实际情况，将填埋气燃烧发电替代燃煤CO₂减排将大大降低填埋场的温室气体排放量。而随着生活垃圾分类持续推进，将有效降低焚烧处理的温室气体排放量，提升生化处理的碳减排效应。

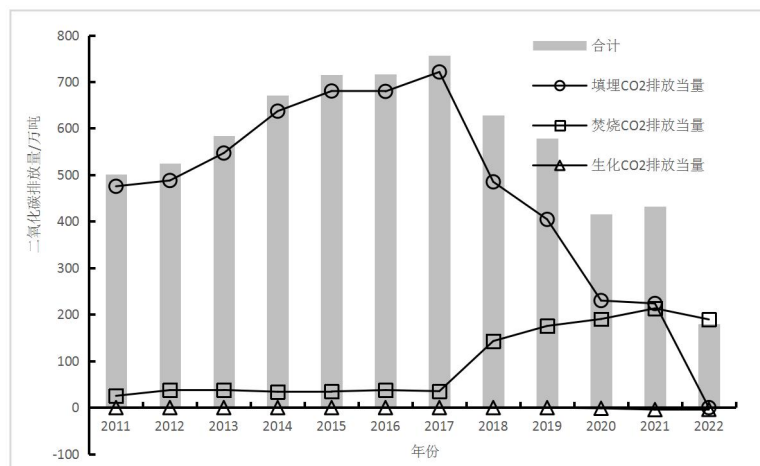


图9 2011—2022年广州市生活垃圾处理CO₂的排放量

四、生活垃圾处理碳减排思考

（一）提升公众低碳意识，促进源头减量

从公共机构带头开展“绿色低碳办公”，推进“限塑”

专项行动，限制过度包装，鼓励公众减少使用一次性用品，在源头上减少垃圾的产生。不断提升公众的低碳意识，生活垃圾处理与每个人息息相关，需要全社会共同参与。公众参与其中不仅能提升低碳意识，还可以在垃圾处理各个环节的工作中给予支持和理解，促进生活垃圾处理事业的发展。

（二）持续推进垃圾分类，改变进炉垃圾的体量和理化特性

可回收物中橡塑类的矿物碳含量较高，垃圾焚烧处理的直接碳排放量与垃圾组分中的橡塑类含量呈现显著的正相关，降低入炉垃圾中橡塑类比例是减少垃圾焚烧发电项目碳排放的关键因素之一。通过推行垃圾分类，减少进入焚烧厂矿物碳含量较高的橡胶、塑料、纺织等，进行分流、回收利用。降低入炉垃圾中厨余垃圾的含量，有利于提高焚烧热值、降低渗沥液产生率，以厌氧发酵替代焚烧处理厨余垃圾，有效发挥碳减排效应，降低生活垃圾处理的温室气体碳排放量。

（三）优化焚烧处理技术，提高发电效率

国内常规生活垃圾焚烧厂发电效率约为 22%，提高发电效率可增加生活垃圾焚烧厂垃圾碳减排效益。目前采用高参数、中间再热技术是高效发电发展方向之一，对于早期的焚烧厂在技改过程中可作考虑，满足发电效率提升的同时兼顾垃圾焚烧碳减排效益。

（四）发挥多源固废处理集聚优势

推动以生活垃圾焚烧厂为中心，集聚厨余垃圾、医疗垃圾、市政污泥等多源城市固废一体化处理的循环经济产业园建设。焚烧发电厂自用以外的电力可供应全园区使用，减少上网长距离输送的损耗；焚烧厂蒸汽可供给污泥干化、死禽畜变质肉类蒸煮等，厨余垃圾厌氧发酵产生沼气可直接输送至焚烧厂发电，节约沼气焚烧发电环节的费用。多源固废处理集聚效应，降低了投资建设和运行维护成本，在园区内实现物质与能量双循环，有效降低了城市固废处理的碳排放。

五、结论

（一）2011—2019年广州市生活垃圾的产生量平均每年超过7%的速率增长，其中2019年焚烧处理量超过卫生填埋处理量。2020—2022年生活垃圾产生量出现下滑，续持在750万吨左右。

（二）广州市生活垃圾处理的CO₂排放量受生活垃圾产生量和处理方式影响，焚烧处理的CO₂排放强度远低于卫生填埋。2011—2017年卫生填埋处理占主导地位，CO₂排放量随填埋处理增加逐年递增，并于2017年达到峰值756万吨。2018年焚烧处理量增长明显并于2019年超过卫生填埋处理量，随后以焚烧为主的生活垃圾处理产生的CO₂排放量逐年递减，2022年下降至180万吨。

（三）建议推进生活垃圾分类，促进源头减量，提高可回收物和厨余垃圾的分出率。优化焚烧处理技术，发挥多源

固废处理集聚效应，提升能源利用效率，促进生活垃圾处理过程的碳减排。

（来源：广州市城市管理技术研究中心张俊文供稿）

报：陶镇广、张颖、谭斌、何正清、徐书同、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12月26日

编审：李湛江 朱云

编辑：罗志红 电话：81073291