

# 城市管理 科技信息简报

2024 年第 2 期

广州市城市管理技术研究中心

2024 年 2 月 26 日

## 本 期 要 目

- ◆ 广州鼓励有条件的公厕增设母婴室
- ◆ 厦门建立“以绿色交易促进垃圾分类”新模式
- ◆ 数智分类 携手减量——宁波市智慧一体化全品类便民回收模式案例
- ◆ 电场辅助好氧堆肥过程中羟基自由基增强有机物的腐殖化
- ◆ 飞灰资源化典型模式-高温熔融制岩棉
- ◆ 《关于加快构建废弃物循环利用体系的意见》政策解读
- ◆ 《商务部等 9 部门关于健全废旧家电家具等再生资源回收体系的通知》解读

# 目 录

## 垃圾分类

垃圾分类的科学管理与系统优化 .....	1
厦门建立“以绿色交易促进垃圾分类”新模式 .....	14
数智分类 携手减量——宁波市智慧一体化全品类便民回收模式案例 .....	16

## 垃圾处理

电场辅助好氧堆肥过程中羟基自由基增强有机物的腐殖化 .....	22
飞灰资源化典型模式-高温熔融制岩棉 .....	29
超大城市建筑废弃物减量化与综合利用策略研究——以深圳市为例 .....	30

## 政策文件

《关于加快构建废弃物循环利用体系的意见》政策解读	43
《商务部等 9 部门关于健全废旧家电家具等再生资源回收体系的通知》解读 .....	46

## 环境卫生

广州鼓励有条件的公厕增设母婴室 .....	48
上海如何留住干过五种职业的 00 后环卫小哥 .....	49

## 垃圾分类的科学管理与系统优化

2023年12月15日，第十届零废弃论坛在北京举办。刘建国教授围绕“垃圾分类的科学管理与系统优化”主题进行分享，介绍了我国垃圾分类的现状以及如何更加科学地管理不同类别的垃圾，优化垃圾处理系统。

### 一、固体废物产量不断增长，特性趋于复杂，碳足迹迅速升高

近年来固体废物产生量在不断地增长，特性越来越复杂。从过去可自然循环的碳基，到与自然兼容的硅基，再到目前更多的人工合成基，要实现废物资源化需要更高的能耗物耗，碳足迹迅速升高。

### 二、固体废物是跨介质减污降碳和跨系统资源循环的枢纽

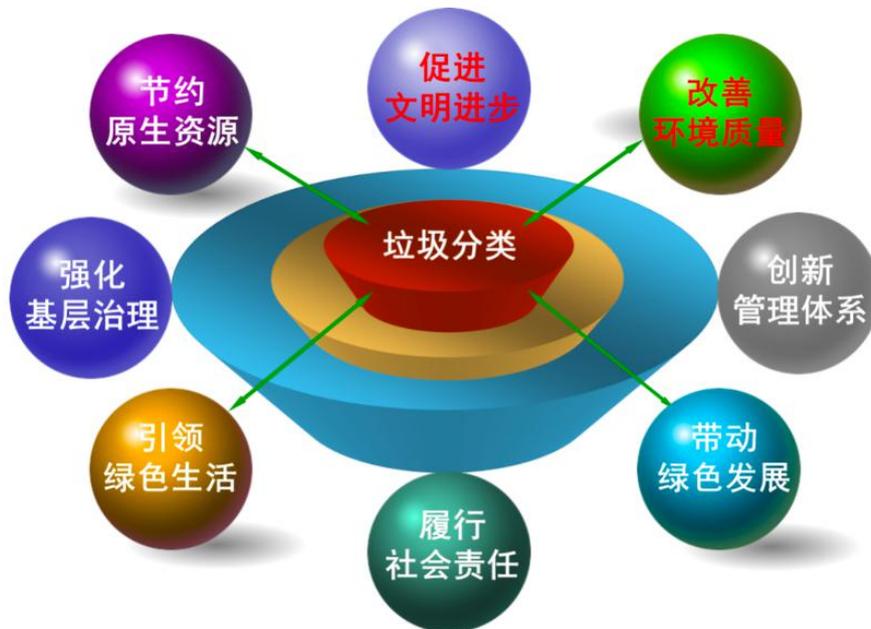
大量的固体废物给环境质量的改善、双碳目标实现带来了巨大的挑战。固体废物如果没有得到妥善管理，污染物大部分又将回到环境当中，影响到大气、水资源和土壤的污染治理。

固体废物的资源化和能源化利用支撑起了循环经济的发展，从源头上避免原生资源消耗和能源消耗带来的排放。在这个过程中，固体废物是跨介质污染控制和跨系统的资源循环枢纽。

### 三、垃圾分类是促进人与自然和谐共生的标志和要求

我国主要的任务是实现中国式现代化，促进人与自然和谐共生是中国式现代化的本质要求。在此当中有四项主要的工作：

- ① 加快发展方式绿色转型；
- ② 深入推进污染防治；
- ③ 提升生态系统多样性、稳定性、持续性；
- ④ 积极稳妥推进碳达峰碳中和。



这四项工作都与垃圾有非常紧密的关系。垃圾分类就成为促进人与自然和谐共生，实现中国式现代化的标志和要求。

### 四、垃圾分类是推动减污降碳协同增效的重要切入口

“十四五”时期，我国生态文明建设进入了以降碳为重点战略方向、推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期。

垃圾分类问题与绿色生活、绿色消费、绿色生产密切相关，是社会层面推动减污降碳协同增效的重要切入口！

## (六) 循环经济助力降碳行动

### 1. 推进产业园区循环化发展

到2030年，省级以上重点产业园区全部实施循环化改造

### 2. 加强大宗固废综合利用

到2025年，大宗固废年利用量达到40亿吨左右；到2030年，年利用量达到45亿吨左右

### 3. 健全资源循环利用体系

到2025年，废钢铁、废铜、废铝、废铅、废锌、废纸、废塑料、废橡胶、废玻璃等9种主要再生资源循环利用率达到4.5亿吨，到2030年达到5.1亿吨

### 4. 大力推进生活垃圾减量化资源化

到2025年，城市生活垃圾分类体系基本健全，生活垃圾资源化利用比例提升至60%左右

到2030年，城市生活垃圾分类实现全覆盖，生活垃圾资源化利用比例提升至65%



《2030年前碳达峰行动方案》

## 五、垃圾处理系统优化可为降碳做出突出贡献

从整个碳排放结构当中，甲烷、氧化亚氮有相当大的一部分是来自废物领域。从发达国家在减碳当中的经验中得知，废物领域尽管在碳排放当中占比不大，但是在减排当中做出了突出的贡献。1990-2007年，欧盟15国的温室气体减排总量下降了4.3%，主要源于生活垃圾领域甲烷排放持续减少。

## 垃圾分类

固废领域仅占 2007 年总排放量的 2.76%，但其减排总量占减排总量的 29.7%。

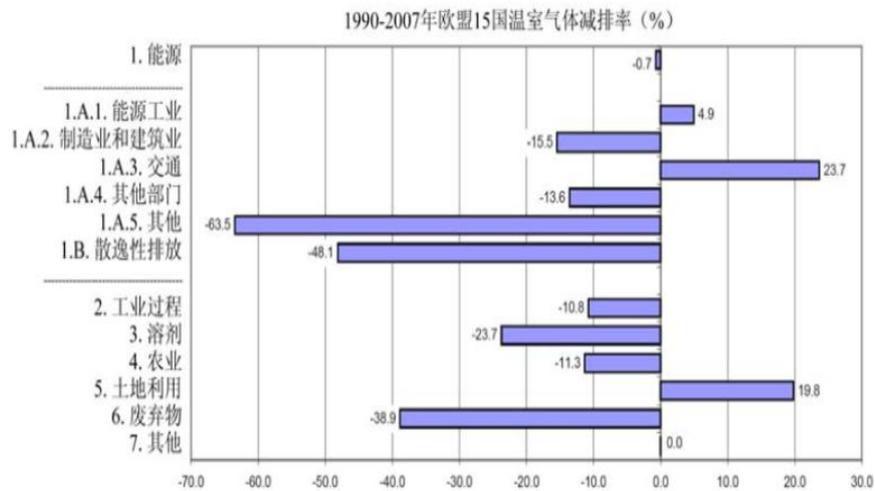


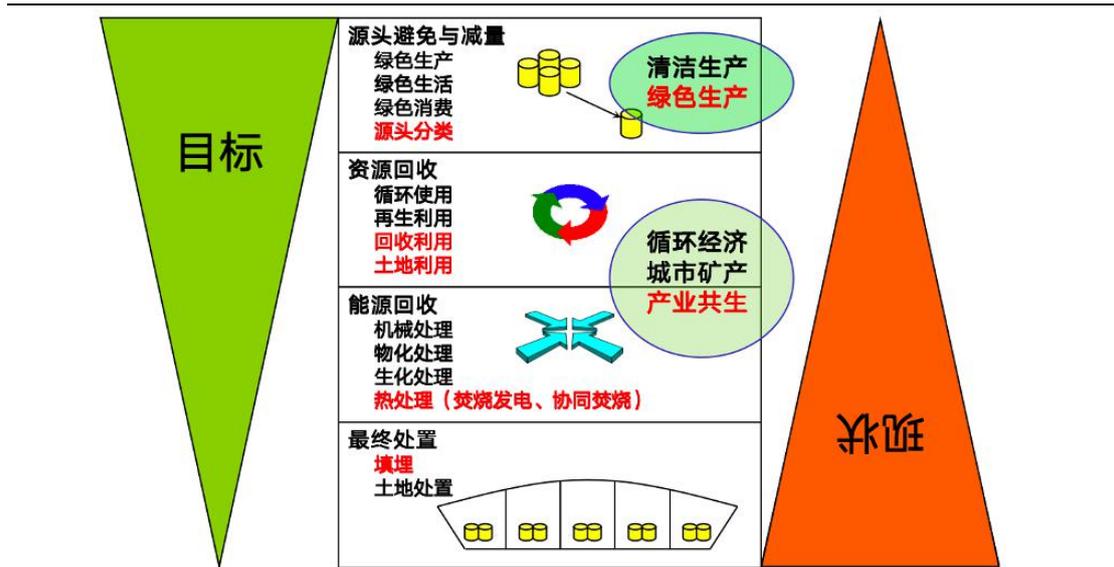
图 2-1 1990-2007 年欧盟 15 国温室气体减排率 (%)

这给我国带来了启发，从废物领域挖掘碳减排的潜力，是相对来讲投入产出比最为显著，减污和降碳协同的效益最为突出的。

## 六、垃圾处理系统正在创造减污降碳协同增效中国范式

我国的垃圾处理从上世纪改善环境卫生为主要的目标，进入本世纪以来以改善环境质量为主要的目标，推行垃圾分类以来就进入到了环境安全的保障和气候变化应对的新阶段。到 2022 年生活垃圾无害化处理率达到 99.9%，也就是 99.9%的生活垃圾无害化处理达到了及格线。

从垃圾处理系统结构来讲，从过去填埋一家独大，到焚烧异军突起，再到现在焚烧为主，生化处理为辅，填埋兜底多元并举的格局。2022 年我国生活垃圾焚烧占比到了 72.5%，焚烧发电产能已经占到了世界的 60%，生活垃圾处理领域在 2019 年已经实现了碳达峰。



在这种情况下，垃圾处理必然要进入到质变的阶段，垃圾分类、无废城市成为必然的要求，对策措施要向前端转移，清洁生产、循环经济成为必然的选择。

### 七、垃圾分类是完整链条+动态过程+责任体系+系统工程

垃圾分类的作用是什么？是以它为统领，实现垃圾处理的转型升级。

垃圾分类是完整的链条，投放、收集、运输、处理环环相扣。它是循序渐进的动态过程，后端处理措施的问题大体上得到了解决，现在矛盾转移到前端，垃圾分类参与率不高，投放准确性较差，这需要通过制度来实现过渡。



在这当中政府、居民、企业、社会组织各司其职，大家形成分工合作的责任体系，这件事情才能办下去。如果大家都是旁观者，这件事只能处于相互指责不断内耗的状态。

同时垃圾分类也是复杂艰巨的系统工程，设施只是基础，法律和制度是保障，文明是在人的层面上，是根本。这几个层面都要得到充分地发展，才能实现现代化。

### 八、科学管理提升资源能源回收效率与降碳减污水平

环卫系统管理的垃圾和现在垃圾分类面对的垃圾不是一类垃圾，量和质、范围、内涵、外延都发生了变化。

四分类是既定的方针，但是它也有不同的功能定位：

①可回收物、有害垃圾是需要强制分出来的；

②最有干扰的厨余垃圾，要倡导大家把它分出来；

③其他垃圾必须要有高度的容错，降低分类难度和综合社会成本。

这个高度容错机制的设计，是我国当前推进垃圾分类当中非常重要的机制，没有这样的机制推动垃圾分类就会出现吃力不讨好的局面。

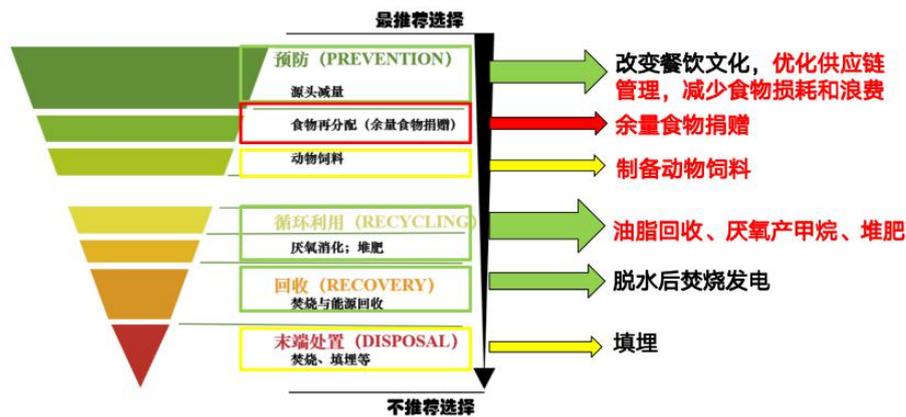
在这样的情况下面临的问题是，厨余垃圾要分出多少？分出来干什么？用什么样的技术处理？处理完了干什么？可回收也是一样的，必须要有清晰名录，哪些东西在这个阶段需要分出来？如何分？回收后再生出来的产品要达到什么样的标准？出路何在？

垃圾处理是耦合系统，分类后垃圾量和质都会发生变化，因此焚烧发电系统必须要做工艺调整，不调整的话效率可能

不升反降。不能进入到循环系统中的焚烧飞灰和残渣，依然要有填埋场作为兜底保障。

未来就是要在科学管理当中提升资源能源回收的效率和减污降碳水平，这就是下一步要做的。

## 九、建立我国厨余垃圾减量利用全链条管理层次架构



四分类当中厨余垃圾是受到高度关注的，我国的厨余垃圾急需建立减量利用全链条管理的层次架构。

①预防：从供应链开始，优化供应链管理，源头减少食物的损耗和浪费；

②食物再分配：推动合格的、高质量的余量食物继续发挥食物的功能，余量食物的捐赠也是文明的标志之一；

③动物饲料：人不能吃的，制成动物饲料，但要有相应的标准。

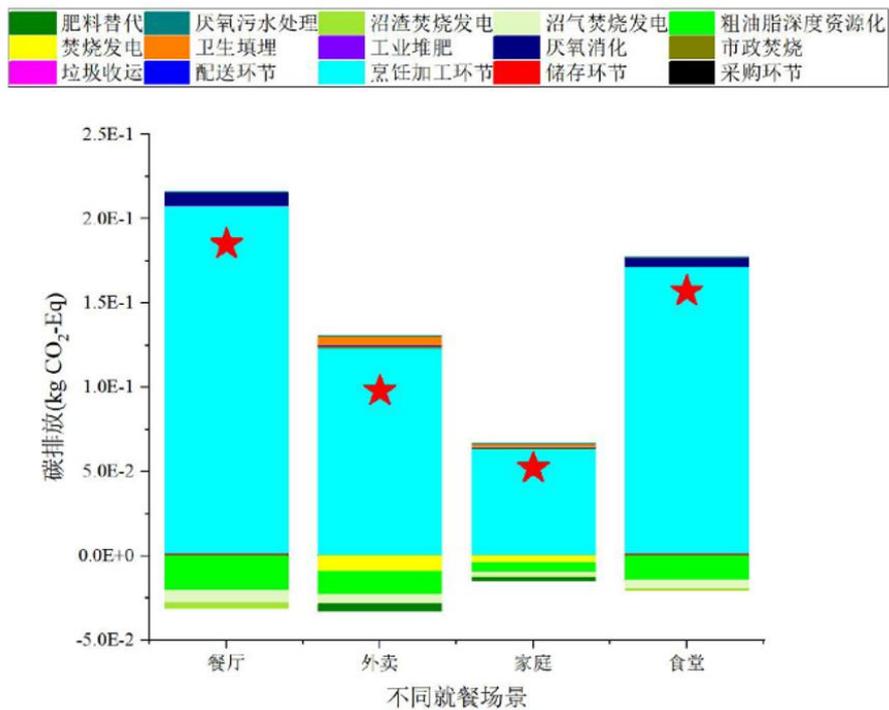
这些都最是有有效的利用方式。

尽管如此，依然有大量的厨余要成为废物，要有工业化的方式，如油脂的回收、厌氧产甲烷、堆肥等，进行循环利用。有的地方依然需要去脱水焚烧发电，甚至有的地方规范地填埋也是一种选择。

## 垃圾分类

中国的特点就是这样的，不平衡、不充分，很多地方并不具备循环利用的基础条件，能够解决环境卫生问题是它的第一诉求。我们要去制定这样的层级架构。

### (一) 供应链精细化管理减少食物废弃和浪费



这是前期做的调研，在不同的就餐场景，从备餐、就餐再到消费的全过程，食物废弃的量，以及各环节碳排放的量。这些数据将为政府决策提供相应的支撑，通过优化供应链管理，从源头减少食物废弃和浪费。

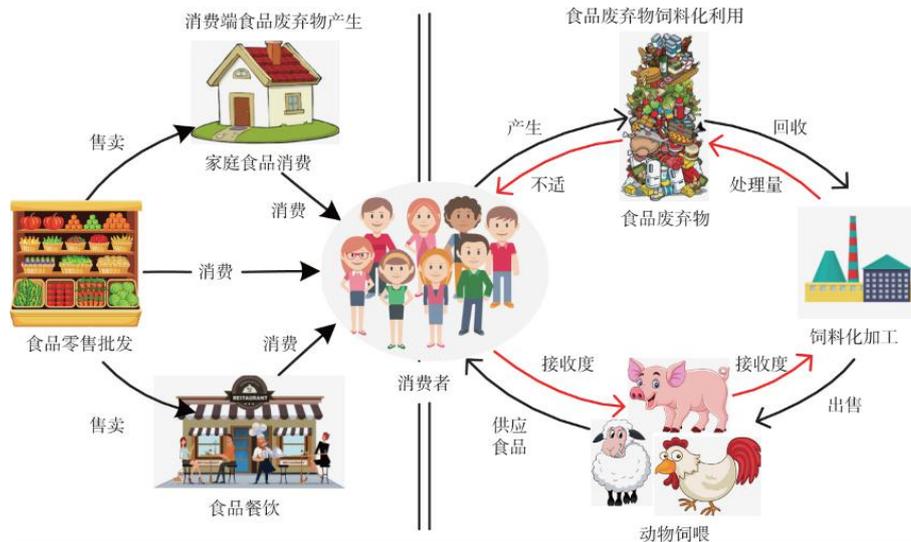
### (二) 鼓励大型商超、零售企业和连锁饭店余量食物捐赠

余量食物的捐赠，也是最有效的方式之一。清华大学跟中国连锁经营协会和沃尔玛合作，编制了余量食物捐赠指南。大型商超和连锁餐饮企业可以把临期，但是没有过期，依然安全、高质量的食物捐赠到需要的人那儿，也降低了企业的

成本。

这在我国是大有可为的领域，特别是公益机构在这当中可以做很多工作。

### (三) 支持食品废物合规饲料化利用保持食物功能



### (四) 适度适量分类基础上优先采用大型集中生物处理

在对各种处理工艺做了全生命周期的评估以后，发现集中、大型的生物处理设施综合环境绩效比小型分散式的高出很多倍。这就意味着厨余垃圾处理还是要采用大型集中的方式去处理，小型分散作为必要补充。

厨余垃圾应该分出多少，这一直是大家有高度争议的地方。这项研究表明厨余垃圾并不是分出来越多越好，针对超大城市，在分出 20%—35%时，整个系统综合绩效是最优的。

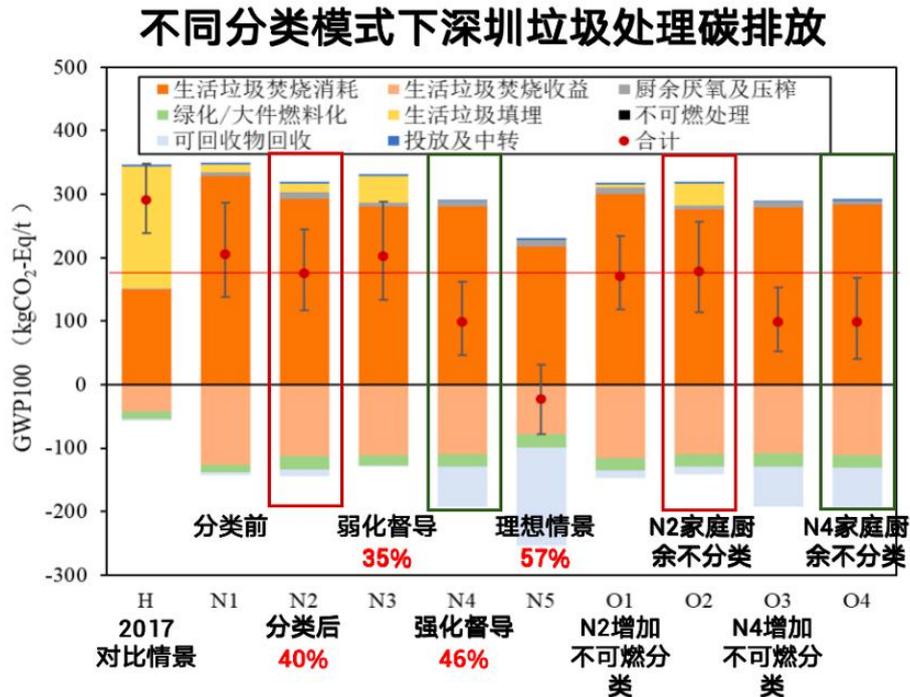
## 十、厨余垃圾是我国垃圾分类现代化的痛点但非短板所在

事实上厨余垃圾是我国垃圾分类的痛点问题，也是焦点问题，但不是短板所在。看看垃圾分类领先的发达国家的数据：厨余垃圾的 16%进到了分类的有机垃圾桶，17%家庭堆

## 垃圾分类

肥处理，这两部分加起来是 33%，55%依然是进到其他垃圾进行焚烧处理。这样的比例不单单是市场的选择，更多也是科学的选择。

### 十一、可回收物回收是垃圾处理系统进一步降碳的重点方向

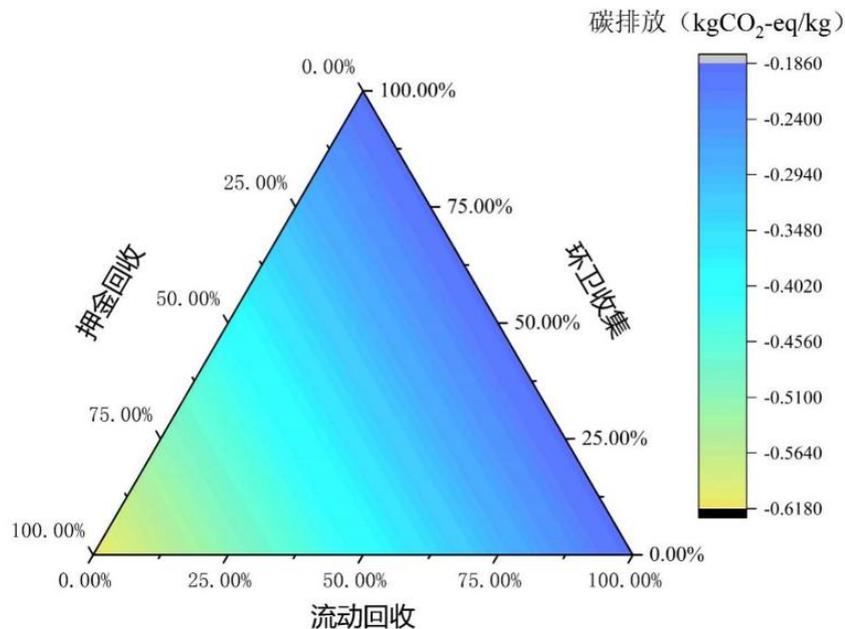


我国真正的短板是可回收物，可回收物是垃圾分类处理系统进一步降碳重点的方向。在对深圳做的研究中发现可回收物回收利用率从 40%提高到 46%，碳排放量就会降低 43%。而在高回收率下厨余垃圾的增减对碳排放的影响微乎其微。所以说可回收物的分类对于下一步减污降碳是至关重要的。

我国先进城市生活垃圾回收利用在数量上已接近发达国家，可回收物回收亟需健全体系规范管理实现转型升级。我们真正的问题不是在量上，而是在质上。回收体系没有实现现代化，作业水平和管理水平落后于时代发展，我们需要借助垃圾分类，健全体系，规范管理，实现行业转型升级。

在这当中，先进的制度应用就必不可少。

## 十二、生产者责任延伸和押金制回收进一步促进降碳减污



比如 PET 瓶回收，回收率很高，但是由于回收体系不健全导致综合成本很高，只能降级利用。如果用先进的手段，引入押金回收制，就能够缩短回收流程，体系品质透明可控，就可以实现从瓶到瓶的同级高值利用，减污降碳效益就能够最大限度地发挥出来。

再比如快递包装，引进新的制度，实现可循环快递包装，可以促进效益进一步提升。这些东西都需要有新的制度引进，让整个行业升级，要把法律规定的先进制度落实下来。

落实生产者责任延伸制度推动可回收物行业现代化。生产者责任延伸制在法律中是有明文规定的，但是落实的进度和程度不尽人意。可回收物不管高值还是低值，都面临着用新的制度实现现代化，未来要将这个制度落到实处。

### 十三、其他垃圾焚烧发电逐步实现低碳—零碳—负碳演化

焚烧发电自身也要迭代升级，不能由于它的锁定效应限制垃圾分类体系优化。

分类分流与烟气净化升级进一步降低二噁英排放。在焚烧发电依然增长的情况下，依靠烟气净化系统升级，进一步强化垃圾分类，二噁英的排放会出现降低。

### 十四、卫生填埋作为兜底保障设施精准施治不宜折腾

我们依然需要填埋场作为兜底保障，理想中的把所有东西都实现循环利用，或者都烧掉，现实当中有很多约束条件，是不可能发生的。而且极端情况下，比如频发的自然灾害情况下，大量清理出来的废物只能进填埋场。也不建议盲目地把填埋垃圾挖出来再烧掉，需要一场一策科学评估，避免折腾，花了钱，反而把已经封闭起来的污染物和已经固定下来的碳重新排放到环境当中去。

### 十五、科学管理系统优化促进处理系统减污降碳提质增效

全品类全流程多层级智慧监管实现精细化管理。精细化的管理是未来必不可少的，未来大的系统一定要靠新一代信息化技术实现精细化管理。

在未来科学管理系统优化之下，厨余垃圾：适度适量分出，标准引领打通链条；可回收物：建立规范回收体系，制度推动转型升级；其他垃圾：降碳推动技术迭代，解决飞灰处理难题。

全国层面的回收利用率将达到45%以上，资源化回收利用率在85%以上，这在世界上已经是相当先进的水平。如果能够实现的话，隐性成本将会降低，意味着实际上在创造越来越多的经济效益。

### 十六、坚守文明初心以制为重以人为本实现中国式现代化

现代化有三个维度，分别是物、制、人。制的现代化主要包括法律法规、标准规范、体制机制、制度政策等，在垃圾分类与处理方面，我国党的领导、政府统筹、层层问责的体制优势突出，但经济手段、企业责任、部门合力有待强化。人的现代化主要包括居民的公民意识、法定责任和文明行为，以及行业队伍的合理收入、体面工作和社会价值，在垃圾分类与处理方面，主动、持续地全民参与仍是最突出短板，行业队伍收入偏低、老龄化严重是最大隐患。我国在物的层面与发达国家相比已经没有实质性的差距，但制度层面仍有相当的差距，最大的差距还是在人的层面上。有了物的基础，下一步要通过体制机制创新的“四两拨千斤”撬动作用，加快实现人的现代化，这才是中国现代化的核心。

垃圾分类是社会文明与进步的标志，必须循序渐进，坚定不移推下去。法治为基础很重要，法治社会真正建成之日就是垃圾分类真正成功之时。政府推动、全民参与、城乡统筹、因地制宜，难就难在全民参与。充分认识到垃圾分类系统性、复杂性、全局性、长期性，求真务实地推动才能取得成效。

（来源：“零废弃论坛”微信公众号）

### 厦门建立“以绿色交易促进垃圾分类”新模式

全国首宗垃圾分类碳减排量交易在厦门市湖里区金安社区签约落地。

碳交易指的是在碳市场中，买家通过支付一定金额给卖家，从而获得一定数量的二氧化碳排放权。从垃圾分类中获得碳交易收益，这在国内尚属首例。购买碳排放权的，是厦门兴五通城市综合服务有限公司，该公司通过厦门产权交易中心（厦门市碳和排污权交易中心）购买了卖家金安社区通过垃圾四分类实现的碳减排量 10168 吨。

这 10168 吨碳减排量是如何计算出来的？中国科学院城市环境研究所城市环境工程与循环经济研究中心主任叶志隆介绍，从 2017 年 1 月至 2023 年 12 月，金安社区居民累计将生活垃圾分出 72065.6 吨的可回收物、厨余垃圾、其他垃圾、有害垃圾，再根据《居民社区生活垃圾四分类碳排放方法学》，通过“生活垃圾分类投放、收集、转运、处理处置、资源化利用”等行为，对产生的碳减排量进行核算。比如，回收利用 1 公斤胶版印刷纸，可以减少 0.824 公斤的二氧化碳排放量；1 吨的厨余垃圾资源化处理后，可以减少约 300 公斤的碳排放量。

叶志隆说，垃圾四分类碳减排量主要集中在三方面，可回收物进入再生资源市场的循环利用、厨余垃圾资源化处理、

其他垃圾焚烧发电效率的提升。

通过碳交易将多年累积的碳减排量售出，推动垃圾分类的实效转化为碳资产，实现化废为宝，获取相应的资金收益。

“这有利于进一步开展垃圾分类的正向引导和激励机制，形成垃圾分类不断创新发展的内在动力，助力国家‘双碳’目标的实现。”金山街道党工委副书记、办事处主任杨盛说。

厦门市垃圾分类办公室表示，此次碳减排量交易成功签约，标志着厦门市“以绿色交易促进社区垃圾分类”新模式的建立，有利于推动垃圾分类工作创新发展，助力城市经济社会绿色低碳发展。

叶志隆说，通过本次全国首宗垃圾分类碳汇交易，在垃圾分类前端开展探索，建立“个人—社区—街道—科研机构—企业—行业主管”多方参与的平台，也有利于探索相关的创新发展机制，以点带面，形成行业的提质升级、减污降碳。

金山街道金安社区党委书记陈惠萍说，垃圾分类碳减排量交易所得收益将反哺社区，用于绿色低碳治理项目，并为居民购买更多公共服务。记者了解到，厦门率先在金安社区试点探索垃圾分类碳减排量交易，形成成熟经验后，将逐渐复制推广到更多的基层社区。

（来源：《福建日报》2024年01月22日第03版）

## 数智分类 携手减量——宁波市智慧一体化 全品类便民回收模式案例

宁波，一座拥有 1000 万常住人口的沿海港口城市，作为全国首批 46 个垃圾分类试点城市之一、国内首个利用世界银行贷款进行生活垃圾分类的城市，宁波自 2013 年启动生活垃圾分类工作以来，目前中心城区生活垃圾分类已基本实现全覆盖，基本形成分类投放、分类收集、分类运输、分类处置与循环利用的设施体系以及政府主导、企业运作、全民参与的“宁波模式”。

其中，智慧一体化全品类便民回收体系在垃圾分类的“宁波模式”中扮演着至关重要的角色。宁波市智慧一体化全品类便民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，打造再生资源全品类回收、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，助力宁波探索“垃圾分类管理”向“垃圾分类数字化治理”的模式转型。自体系建成投用以来，服务覆盖整个宁波大市范围，注册服务用户超 100 万，服务覆盖居民超 200 万人，累计实现垃圾减量 31 万吨。



宁波市生活垃圾分类全品类智能回收箱

### 一、便民多样化回收模式 支撑一体化覆盖

为满足城乡差异化分类需求，实现全品类全覆盖回收，智慧一体化回收模式在垃圾分类前端配备了三类回收模式：一是“智能回收站”，适用于没有再生资源用房且空地较小的社区、学校及公共场所，提供包括纸类、塑料、织物、玻璃、饮料瓶等多种小件可回收物的回收功能。“智能回收站”安装采用先进工业物联网技术的智能回收设备，信息化和智能化程度高，具备操作便捷、分类投放、自动称重、自动计价、现金提取等功能，实现 24 小时全天候服务。二是“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。三是“物流回收”，针对上述条件均不具备的社区、农村、商业机构、机关企事业单位等采用智慧物流回收车点对点上门回收服务。同时，针对大件资源、大件垃圾，包括废旧家具类、废旧家电类，也采用配备智能回收设备的回收车辆进行定时定点上门回收。



社区垃圾分类服务驿站

## 二、智慧化分类回收 构建数据治理追溯起点

居民通过手机终端 APP、微信小程序等，可快速寻找并智能导航到离自己最近的智能化回收设施，通过智能手机扫码、输入手机号、校园码等方式实现可回收物的“分类有偿投售”，并可通过智能设备立刻兑换成可用于提现消费的金额存入个人微信或支付宝账户……这样一来，既提高了居民分类投售可回收物的体验感和积极性，同时也建立起了精准触达发生分类投放行为居民的数据源链接，从垃圾分类源头构建“追溯源点”。

通过智慧化分类体系覆盖各类投放源点，大数据分析刻画出不同片区、不同特征群体在垃圾投放行为和投放物品类别上的差异，由此针对不同区域配置差异化的智能回收箱，实施差异化、精细化的可回收物分类宣传、清运方案，打造出城市精细化“垃圾治理”服务。



专用回收车辆

### 三、规范型智慧清运物流 提高收运效率与效益

智慧化回收模式中，采用密闭式清运车型，在规范统一外观形象、提升清运标准、便于大众监督、树立端正的品牌形象的同时，配备车联网系统，结合企业自建的智慧清运物流调度系统，实现智能设备满仓预警（即满即清）、平台自动派单、车辆就近接单、物流线路优化等功能，在大大降低清运成本、提高清运效率的同时，让终端回收设备始终以正常状态满足群众随时投售的需求，同时支撑宁波市探索未来实施智慧物流降低垃圾收运财政支出的可行性。

### 四、集约高效 构建可回收物治理空间和数据节点

在古林镇郭夏村的海曙区可回收物分拣中心，卸货、分拣、打包，可回收物分拣流水线正开足马力运行着。海曙区可回收物分拣中心于 2020 年 1 月完工并投入使用，设计日分拣能力为 50 吨，可为海曙全域约 60 万人提供生活垃圾分

## 垃圾分类

拣服务。分拣中心设有分拣堆放、大件拆解、转运仓储、后勤服务、智能指挥、数据分析以及教育宣传等七大功能区，可集中分拣废纸张、废塑料、废织物、废金属、废玻璃、废电子电器、废大件垃圾等七大类可回收物。

同海曙区可回收物分拣中心一样，宁波各区垃圾分类中心开启加速模式，助力宁波市垃圾分类。从源头精细化分类可回收物数据，通过智慧物流的清运数据，到分拣中心的接收、二次精确分类、打包整理、分类存贮等加工数据，到销售至终端利用工厂的数据，共同构建城市可回收物回收过程数据追溯链条的重要节点，为宁波市广泛开展垃圾分类全品类、全链条数据监管与治理提供案例经验。



可回收物分拣中心

### 五、优化流程，智能运营 实现全链条监管

智慧一体化回收通过微信公众号、微信小程序、APP等多种应用方式，利用平台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，使产生端从发起投售行为，到回收端采集信息、返回投售收益、获取清运信息的全过程实现

自动化、信息化管理。

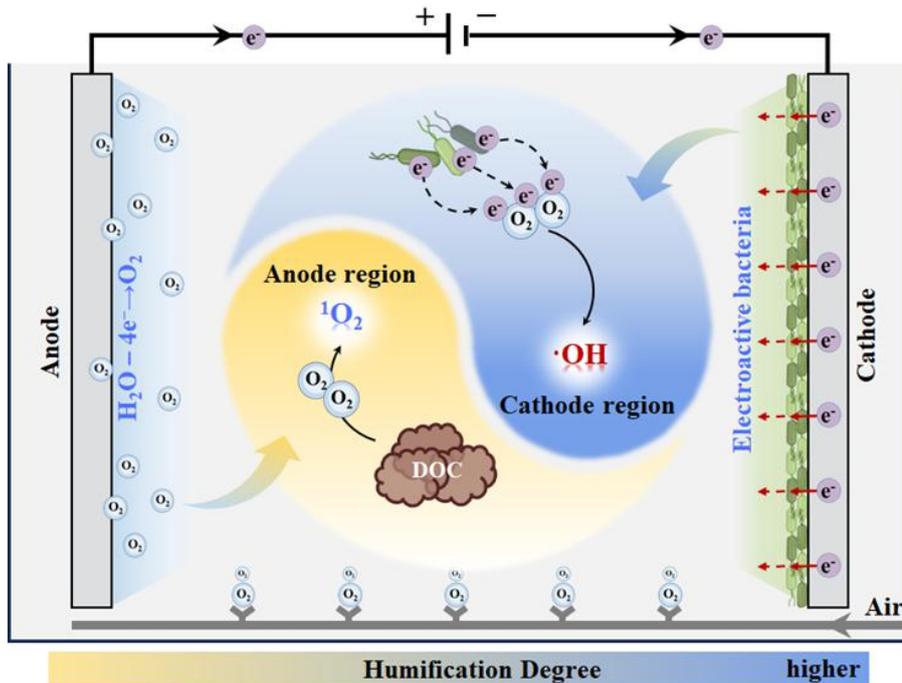
其中，由企业开发的数字化平台可“一屏观全域、一网管全程”，将包括可回收物、厨余垃圾、其他垃圾、有害垃圾、建筑垃圾、装修垃圾、园林垃圾、一般工业固废在内的全品类垃圾回收处置流程进行全局化、可视化、动态化、数字化管理，实时统计分析各类垃圾的类别、数量和分类质量，实时监测回收系统、物流系统、调度中心、AI 监控、社区场景、转运场景、处置场景等，并实时跟踪各项回收物流动向，通过全流程的信息化管理实现全链条的规范化管控，同时与政府平台实现数据对接，为行业监管、政府科学决策提供数据支持。

“宁波模式”体现了数字化治理在环卫行业和垃圾分类工作中的强大整治能力，让精于研发各类物联网、车联网、AI 识别、大数据分析等前沿信息化手段的市场，应用和融入于勇于推进数字化治理的政府需求，为其提供技术保障，实现全流程数据采集、城市固废溯源、垃圾分类源头减量全链校验可查、有据可依。

（来源：“宁波垃圾分类”微信公众号）

## 电场辅助好氧堆肥过程中羟基自由基增强有机物的腐殖化

### 一、图片摘要



### 二、成果简介

近日，福建农林大学周顺桂教授团队在化学及环境领域著名学术期刊 *Chemical Engineering Journal* 上发表题为“Enhanced organic matter humification by hydroxyl radical generation during electric field-assisted aerobic composting”的研究论文。该文章提出了通过电活性细菌促进电子转移产生羟基自由基 ( $\cdot\text{OH}$ )，加速电场辅助好氧堆肥 (EAC) 对有机物腐殖化的新途径。该研究证实电场可以显著促进 ROS 的产生和有机物的腐殖化，并且 EAC 的阳极区 (A 区) 和阴极区 (C 区) 分别是单线态氧 ( $^1\text{O}_2$ ，最高产率为  $83.2\text{--}132.8 \mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) 和  $\cdot\text{OH}$  (最高产率为  $2343.4\text{--}2905.2 \mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

的富集区。通过模拟堆肥证实了聚集在电极上的电活性细菌可以促进电子由电极向  $O_2$  的转移，从而增强  $\cdot OH$  的产生；而清除  $\cdot OH$  可以显著抑制有机物的腐殖化。这些研究结果表明微生物诱导电子转移产生的  $\cdot OH$  是促进堆肥中有机物腐殖化的主要原因。这项工作揭示了 ROS 在 EAC 处理有机固体废物过程中不可忽视的作用，也为电辅助技术转化有机物的机理提供新的认识。

### 三、引言

ROS 在自然界广泛存在，并驱动着以氧化还原为中心的生物地球化学过程，推动全球碳循环和污染物转化。特别是在地下或交替缺氧-好氧环境中，如地下水、潮间带、沉积物和堆肥等，氧化还原活性物质向  $O_2$  转移电子的过程，可以产生大量的 ROS，包括： $\cdot OH$ 、 $^1O_2$  和超氧自由基。值得注意的是，微生物呼吸过程的电子转移可以驱动氧化还原活性物质的循环转化，持续产生  $\cdot OH$ 。因此，提高环境过程电子的供应和转移能力有助于增强 ROS 的产生，并促进环境中有机物的转化。EAC 是一种有极具前景的传统堆肥改良技术，可以有效提高有机固体废物的腐殖化效率。电场诱导微生物活性的增强被认为是促进 EAC 中有机物腐殖化的主要驱动力，特别是电活性微生物，不仅可以直接将电子转移至电子受体，还可以介导还原性物质的氧化还原循环，如 Fe 或腐殖酸等。此外，最近的研究发现电活性菌可以促进电子由堆肥颗粒向  $O_2$  流动，从而提高 EAC 的腐殖化效率。值得注意的是， $O_2$  接受电子可以被激活而产生  $\cdot OH$  等 ROS，而  $\cdot OH$  可以通过自由基缩合促进腐殖质的形成。基于这些先例，我们想知道在 EAC 中是否会产生 ROS；如果这种情况发生，将极大地影响有机质的腐殖化过程。因此，本研究旨在：（1）探索不同

电场强度下 EAC 过程中 ROS 的动态演化和分布；(2) 探究 ROS 对 EAC 腐殖化的影响。

#### 四、图文导读

##### (一) EAC 过程中 ROS 生成特征

首先,我们对 EAC 过程中产生的 ROS 产量进行了分析。如图 1 所示, EAC 中主要生成  $^1\text{O}_2$  和  $\cdot\text{OH}$  两种 ROS, 并且随着电场强度的增加, ROS 的含量也不断提高;  $^1\text{O}_2$  的含量由 EAC 的 A 区向 C 区逐渐降低(图 1a), 而  $\cdot\text{OH}$  的含量由 EAC 的 A 区向 C 区逐渐增加(图 1b)。上述结果证实了 EAC 过程中会产生 ROS 并且  $\cdot\text{OH}$  是主要的 ROS 类型。

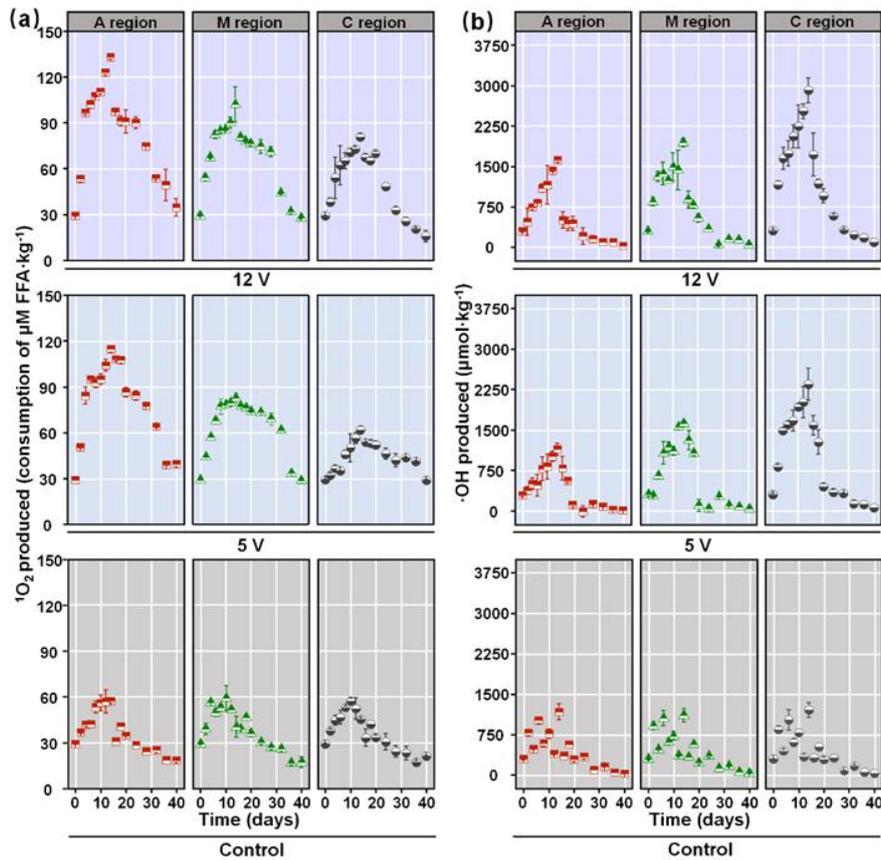
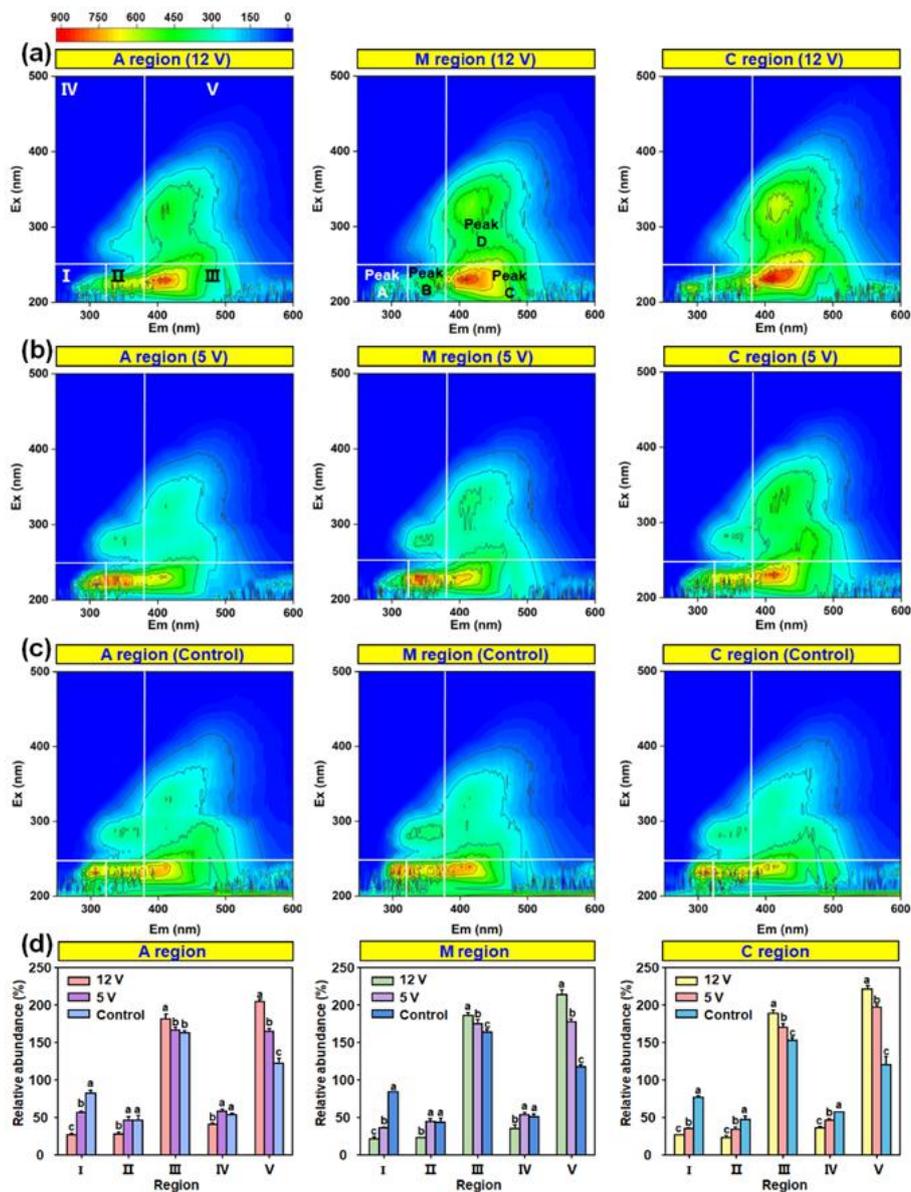


图 1. EAC 中 ROS 的动态变化。(a)  $^1\text{O}_2$  含量变化; (b)  $\cdot\text{OH}$  含量变化。

##### (二) EAC 对有机物腐殖化的性能分析

为探究不同电场强度对 EAC 有机物腐殖化的影响, 通过三维荧光光谱表征了 EAC 不同区域的有机物腐殖化程度

(图 2)。结果表明, 与对照组相比, EAC 可以促进有机物的腐殖化程度, 并且电场强度越大, C 峰 (代表类富里酸物质) 和 D 峰 (代表类腐殖酸物质) 的峰强越高的。进一步通过腐殖质含量提取、腐殖酸与富里酸比率计算以及傅里叶变换离子回旋共振质谱分析, 证实了提高电场强度可以促进 EAC 对有机质的腐殖化。此外, 除对照组外, EAC<sub>12V</sub> 和 EAC<sub>5V</sub> 中 C 区的有机物腐殖化的效果高于中间区域和 A 区, 这个趋势与 $\cdot\text{OH}$  含量的变化趋化相同, 表明 $\cdot\text{OH}$  可能是影响 EAC 腐殖化的重要因素。



## 垃圾处理

图 2. EAC 处理 40 天后, 堆肥样品的三维荧光光谱。(a) EAC<sub>12V</sub>, (b) EAC<sub>5V</sub>, (c) 对照组, (d) 不同区域整合与初始样品的体积百分比变化。

### (三) ROS 在有机物腐殖质化中的作用

通过对 EAC 中微生物群落结构分析发现, 电场增强了 EAC 中 C 区微生物的多样性 (图 3a), 并且 EAC 中含有更多电活性细菌 (图 3b), 如 *Bacillus*, *Enterococcus* 和 *Tepidimicrobium*, 这可能会增强电子从 EAC 阴极向电子受体 ( $O_2$ ) 的转移, 从而产生 ROS。为了明确影响 EAC 中有机物腐殖化的因素, 通过构建偏最小二乘路径模型 (PLS-PM) 以评估堆肥理化性质、微生物、ROS 与有机物腐殖化之间的直接影响和间接影响。结果表明  $\cdot OH$  对 EAC 中有机物的腐殖化具有显著的积极影响, 并随着电场强度的增强而增加 (图 3c~3e), 这个结果为  $\cdot OH$  可能是促进有机物腐殖化的关键因素提供了证据。

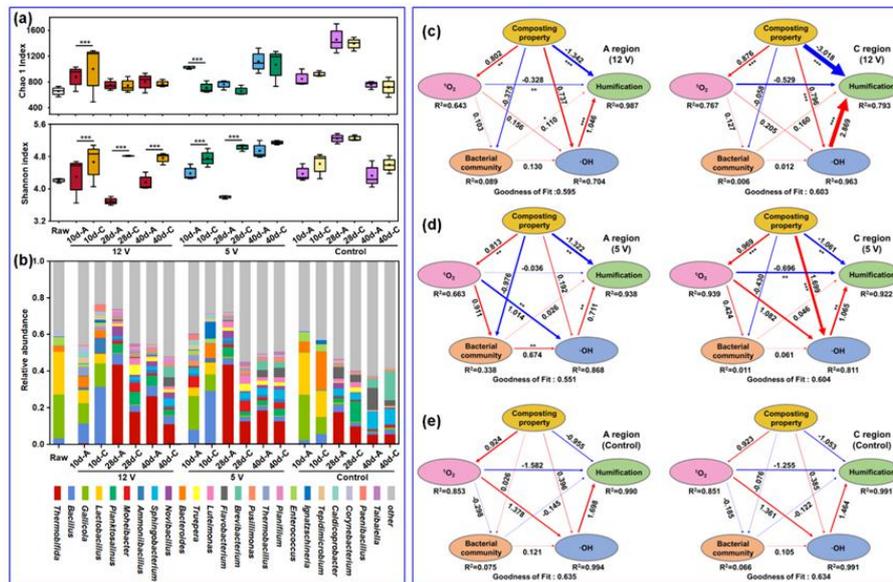


图 3. EAC 中微生物群落结构和偏最小二乘路径模型 (PLS-PM) 分析。(a) 细菌群落的 Chao 1 指数和 Shannon 指数; (b) 前 25 个属水平微生物的相对丰度。(c) EAC<sub>12V</sub>, (d) EAC<sub>5V</sub> 和对照组的 PLS-PM。

### (4) EAC 中 $\cdot OH$ 生成及有机质腐殖化的机理

通过模拟堆肥对实验体系中产生的 ROS 和微生物进行

猝灭。结果表明在不进行任何处理的正常组中，大量细菌会附着在电极板上，而灭菌组中仅附着少量死菌，当清除 ROS 后，可以提高电极上细菌的活性（图 4a~4d）。进一步对模拟堆肥体系中的 $\cdot\text{OH}$  含量进行分析，结果表明正常组中 $\cdot\text{OH}$  含量呈先升高再降低的趋势，并且阴极室的 $\cdot\text{OH}$  含量显著高于阳极室，当添加 ROS 清除剂后，模拟堆肥中 $\cdot\text{OH}$  含量锐减，而灭菌组中仅含有微量的 $\cdot\text{OH}$ （图 4e~4h）。

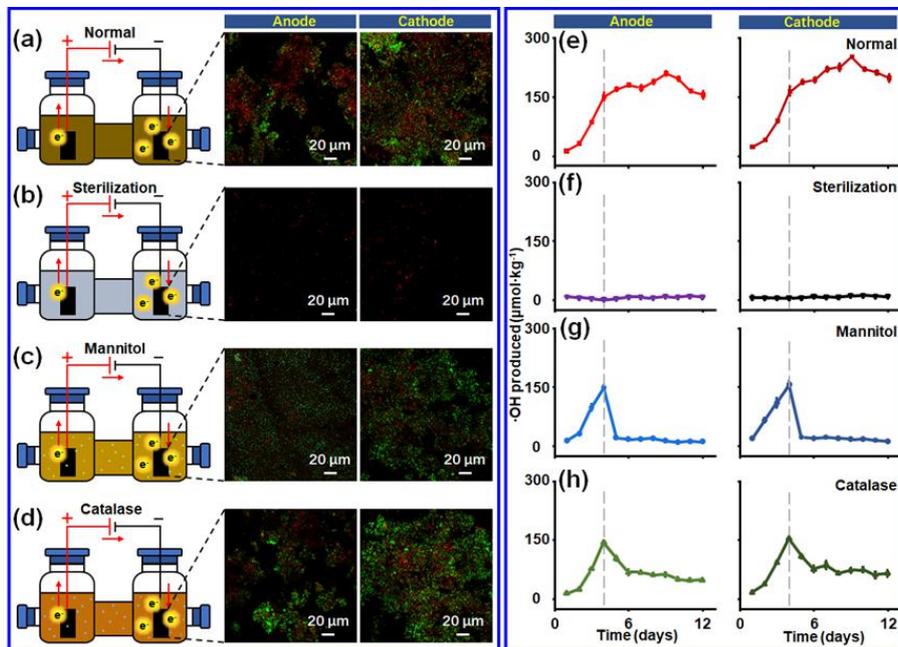


图 4. 模拟堆肥中电极上生物膜的观察及 $\cdot\text{OH}$  含量分析。(a) 正常组，(b) 灭菌组，(c)  $\cdot\text{OH}$  清除组和 (d)  $\text{H}_2\text{O}_2$  清除组中正负极上的生物膜；(e) 正常组中，(f) 灭菌组，(g)  $\cdot\text{OH}$  清除组和 (h)  $\text{H}_2\text{O}_2$  清除组中 $\cdot\text{OH}$  的含量。

进一步分析模拟堆肥中有机物的腐殖化程度，结果表明当 $\cdot\text{OH}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  清除后，有机物的腐殖化被抑制，并且清除 $\cdot\text{OH}$  对有机物腐殖化的抑制最大；而灭菌组中有机物几乎未被腐殖化（图 5）。这些结果表明微生物具有介导电子从电极转移到  $\text{O}_2$  并产生 $\cdot\text{OH}$  的能力，同时也证实了 $\cdot\text{OH}$  是驱动 EAC 有机物腐殖化的关键因素。

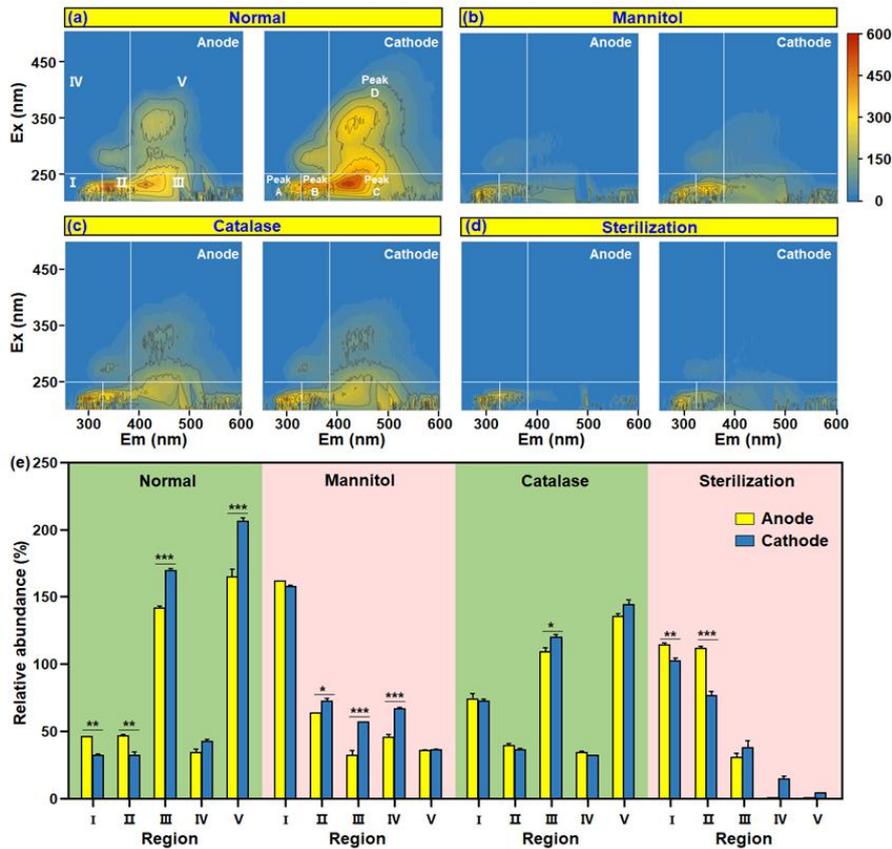


图 5. 模拟堆肥后阳极和阴极室中有机物的腐殖化程度。  
 (a) 正常组，(b)  $\cdot\text{OH}$  清除组，(c)  $\text{H}_2\text{O}_2$  清除组，(d) 灭菌组，(e) 不同区域整合与初始样品的体积百分比变化。

## 五、小结

本研究证实了 EAC 过程中可以产生大量 ROS 并促进有机物的腐殖化。EAC 中 ROS 的含量呈阶梯式分布，阳极区和阴极区分别是  $^1\text{O}_2$  和  $\cdot\text{OH}$  的富集区，并且增强电场可以促进 EAC 中 ROS 的产生及有机物的腐殖化。通过 PLS-PM 的构建确定了  $\cdot\text{OH}$  是影响有机物腐殖化的主要因素，进一步通过模拟堆肥揭示了 EAC 过程中微生物介导电子从电极转移至  $\text{O}_2$  并产生  $\cdot\text{OH}$  的新途径，为 EAC 促进有机物的腐殖化提供了新的认识，也为电辅助技术转化有机物的机理提供了新的思路。

(来源：“环境人 Environmentor” 微信公众号)

## 飞灰资源化典型模式-高温熔融制岩棉

建设“无废城市”是深入贯彻落实习近平生态文明思想的具体行动，是深入打好污染防治攻坚战的重要举措，是推动实现高质量发展的有力抓手。近年来，无锡市“无废城市”建设坚持高位部署，一路快马加鞭，涌现出一大批典型项目和先进做法。为充分发挥典型示范引领作用，激发“无废城市”创新活力，“无锡生态环境”特开设“无废城市”建设巡礼专栏，展示我市在“无废城市”建设过程中的优秀案例。

路顺环保科技（宜兴）有限公司投资 2.2 亿元，建设天然气高温熔融飞灰综合利用项目，项目占地约 60 亩，采取自主研发的“飞灰水洗脱氯+天然气纯氧高温熔融”生产工艺，投运后每年可综合利用飞灰 3 万吨，生产防火岩棉板 1.65 万吨、岩棉 3.35 万吨。

项目主体工艺包括飞灰水洗脱氯、VPSA 制氧、高温熔融、保温棉生产四大部分。项目将生活垃圾焚烧飞灰经三级水洗方式进行充分脱氯，并通过天然气富氧燃烧保持炉内 1400-1600℃ 的高温，使二噁英被完全分解，重金属被稳定晶格化，实现飞灰彻底无害化。处置过程中脱氯飞灰与玄武岩、石英砂等辅料科学配伍，高温熔融生产新型保温棉等资源化产品。



项目采用“飞灰水洗脱氯+天然气高温熔融”处理技术，填补了无锡市飞灰资源化利用能力空白，并且生产工艺自动化、密闭化程度高，能有效控制飞灰处理过程中的二次污染。飞灰水洗脱氯及高温熔融阶段均可形成高附加值产品，为推动危险废物趋零填埋提供示范借鉴。

（来源：“固废危废知库”微信公众号）

## **超大城市建筑废弃物减量化与综合利用策略 研究——以深圳市为例**

高强度城市更新或大体量地下空间工程的建设是超大城市解决人地矛盾冲突、实现经济高效发展的一种有效手段，但与此同时，会产生大量建筑废弃物。深圳市是典型的土地紧缺且人口、经济高度集聚的超大城市，随其定位为中国特

色社会主义先行示范区、粤港澳大湾区的核心引擎，城市开发建设工程体量必然不断增加，未来建筑废弃物产生量也将持续上升。

据统计，2021年深圳市建筑废弃物产生量约为 $9.0 \times 10^7 \text{m}^3$ ，资源化利用率约22%，市外处置量近65%。深圳市建筑废弃物市外处置依赖程度较高，若产生量一直维持高位，且不显著提高减量化和综合利用水平，一旦市外处置设施紧缩，将导致产生的大量建筑废弃物无法得到妥善处置，从而出现“建筑废弃物围城”现象，不仅浪费资源，而且会对大气、水、土壤等生态环境造成严重污染，甚至成为制约城市高质量发展至关重要的因素。

极力推动建筑废弃物源头减量和综合利用对于缓解建筑废弃物处置压力、提升处置效率、控制环境污染具有重要意义。建筑废弃物具有显著资源属性，是被放错地方的土石方资源和城市矿山。作为我国超大规模市场重要组成部分的建筑行业，具有非常大的再生建材需求潜能。因此，在推进建筑业高质量发展的同时，大力促进建筑废弃物转换为高品质再生建材，回用于建设工程中，既可以解决建筑废弃物处置无出路问题，又可实现城市绿色发展，对保护青山绿水以及碳达峰、碳中和目标的实现具有重要意义。

在面对大体量建筑废弃物居高不下、综合利用设施显著不足、设施建设落地极其困难的三重压力下，本研究通过全面梳理深圳市5类建筑废弃物产生特征及面临的处置困境，在借鉴国内外先进经验的基础上，研究探索具有可实施性的5类建筑废弃物减量化和综合利用策略；并从技术、用地、

政策、组织、制度等方面提出保障措施，以此推动建筑废弃物类别的无废城市建设，从而为人口、经济高度集聚的超大城市在建筑废弃物减量化和综合利用规划方面提供经验借鉴。

### 一、深圳市建筑废弃物基本情况

#### （一）产生特征

建筑废弃物是城市建设的必然产物。《深圳市建筑废弃物管理办法》中第 2 条规定：建筑废弃物是指在新建、改建、扩建和拆除各类建（构）筑物、管网、交通设施以及装修房屋等工程施工活动中产生的各类废弃物，主要分为 5 类，即工程渣土、拆除废弃物、工程泥浆、施工废弃物、装修废弃物。

城市更新、轨道交通、市政水务、房屋装修等工程大规模建设产生大量建筑废弃物，依据《深圳市固体废物污染环境防治信息公告》，2014-2021 年建筑废弃物（不包括施工废弃物和装修废弃物）产生量如图 1 所示。其产生量由 2014 年的  $3.5 \times 10^7 \text{m}^3$  增至 2018 年的  $1.0157 \times 10^8 \text{m}^3$ ，年产生量呈倍数增长，2019-2021 年的产生量持续性稳居高位。巨大的产生量意味着建筑废弃物在处置方面面临艰巨的任务。以现状建筑废弃物产生数据为基础，依据 CJJ/T 134-2019 建筑垃圾处理技术标准中建筑废弃物产生量预测模型，预测 2022-2035 年建筑废弃物的产生量如表 1 所示。由表 1 可看出，在时间分布上，近 15 年建筑废弃物产生量基本保持稳定，约为  $1 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 。



图 1 2014-2021 年深圳市建筑废弃物产生量及增长率

年份	产生量/10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	年份	产生量/10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>
2022	1.046 28	2029	1.054 75
2023	1.056 70	2030	1.061 53
2024	1.067 12	2031	1.009 58
2025	1.077 55	2032	1.010 04
2026	1.034 43	2033	1.010 50
2027	1.041 20	2034	1.010 95
2028	1.047 98	2035	1.011 41

表 1 深圳市 2022-2035 年建筑废弃物产生量预测

就产生类型而言，深圳市 2021 年建筑废弃物类别分别为工程渣土、拆除废弃物和工程泥浆。其中工程渣土是指地下空间开挖、场地平整等施工过程中产生的弃渣、弃土，是现阶段建筑废弃物产生量最多的一类，占比约为 80%；拆除废弃物是指拆除各类建（构）筑物、管网等产生的废弃混凝土、砖瓦、沥青等，具有显著资源化属性，占比约为 18%。施工废弃物和装修废弃物组成成分基本与拆除废弃物类似，但增加了模板、废脚手架、劳动保护废弃物、木材、油漆、各种包装材料等，具有不稳定性、复杂性和污染性，目前建筑废弃物产生量统计数据中未包括施工废弃物和装修废弃物的产生量；工程泥浆为钻孔桩基施工、地下连续墙施工、

## 垃圾处理

盾构施工、水平定向钻及泥水顶管等施工产生的泥浆，具有高含水率和黏度，且易流变，需现场进行沉淀、脱水干化等预处理，占比约为 2%。

### (二) 处置现状

目前，深圳市建筑废弃物的处置方式主要有 3 种：

①通过工程回填、围填海、临时消纳点或固定消纳场填埋处置；

②运往综合利用设施进行综合利用；

③通过海路或陆路运至南沙、珠海、东莞、惠州、中山等市外进行跨区域平衡，如图 2 所示。2021 年深圳市建筑废弃物各类处置方式处置量及其占比情况如图 3 所示。

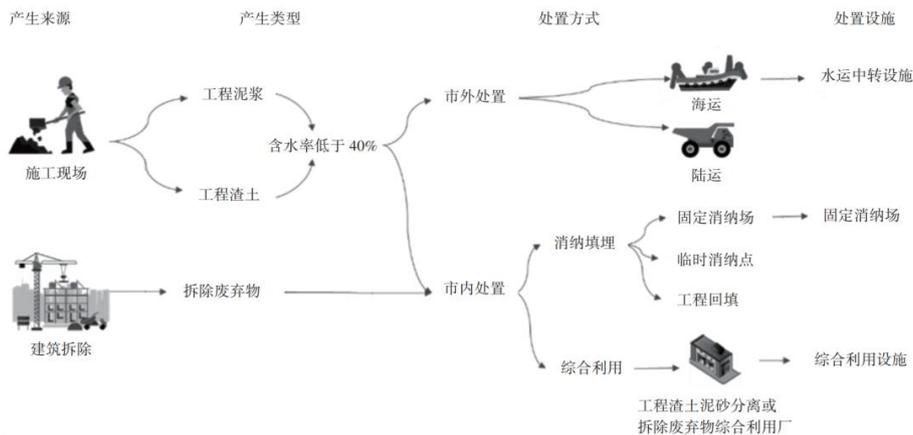


图 2 深圳市建筑废弃物处置流向

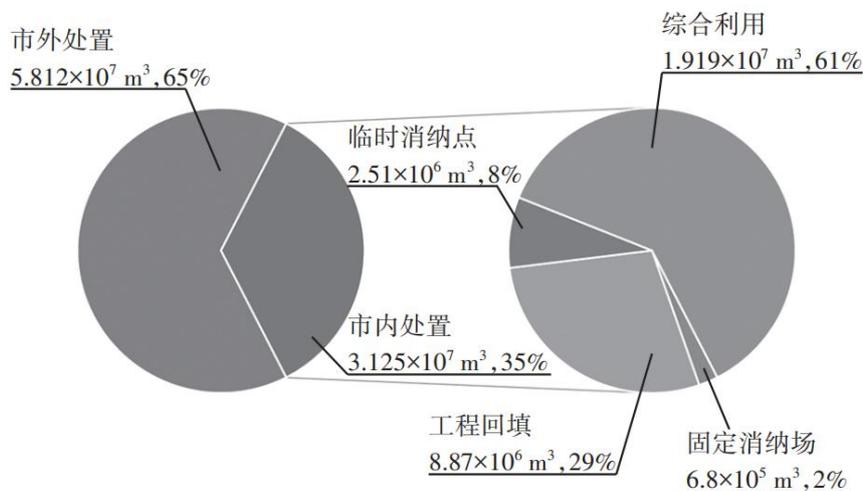


图 3 2021 年深圳市建筑废弃物各处置方式、处置量及占比情况

### （三）存在问题

1. 建筑废弃物产生量居高不下，整体综合利用率低。从总量上看，建筑废弃物年均产生量约为  $1 \times 10^8 \text{m}^3$ ，相当于每年深圳市（不包括深汕合作区）整体抬高 0.05m，亟需采取减量化措施，减少建筑废弃物的产生量。从类别上看，工程渣土占比最大，主要是地下空间大力开发的结果。此外，2021 年深圳市建筑废弃物的综合利用率约为 21%，与发达国家或城市相比，其值相对较低，存在较大的提升空间。

2. 虽有减量化标准或规范，但未有实质性效果。随着建筑废弃物带来的“城市病”越来越显著，建筑废弃物的减量化逐渐引起重视。目前，在规划阶段，城市竖向设计及城市更新方案中要求通过优化竖向设计、鼓励地面停车场、编制土石方平衡方案等方式减少建筑废弃物的产生；设计与施工阶段要求按照 SJG 62-2019 建设工程建筑废弃物排放限额标准和 SJG 63-2019 建设工程建筑废弃物减排与综合利用技术标准进行设计及施工方案的优化，但总体上来说，未有量化的强制性指标，且措施大多数均为形式化，未有相关的审查或验收标准。

在施工阶段，目前已有《绿色施工导则》、GB/T 50640-2010 建筑工程绿色施工评价标准等要求制定建筑废弃物减量化计划，每万平方米住宅建筑的建筑废弃物排放量不宜超过 400t，力争建筑废弃物的再利用和回收率达到 30%，建筑物拆除产生的废弃物的再利用和回收率大于 40%，对于碎石类、土石方类建筑废弃物，可采用地基填埋、铺路等方式提高再利用率，力争再利用率大于 50%。但由于缺乏有效

## 垃圾处理

---

监督手段，因此减量化效果不理想。

3. 综合利用产品均以不成型产品为主，全链条综合利用技术未打开。据调查，目前深圳市对建筑废弃物的综合利用仅停留在初级利用层面，主要表现在：

①对拆除废弃物大部分仅破碎筛分成再生骨料，深加工程度不够；

②工程渣土和经干化处理后的工程泥浆运至综合利用设施仅进行简单的泥砂分离处理，生成机制砂，剩余的泥饼由于受环保政策的限制，无法进行环保烧结。

总体上来说，建筑废弃物全链条综合利用技术未打开、综合利用产品附加值低、利用不充分。

4. 综合利用产品应有领域受限，市场未全面打开。目前生产的主要再生建材产品为再生骨料或机制砂等半成型综合利用产品，主要应用于路基、工程回填或作为其他建材产品生产的原材料等，未能实现应用于各类建设工程或每类建设工程的各个部位。主要原因在于：

①再生骨料或建材制品产品生产成本相对于天然骨料或原生建材成本较高，产品缺乏市场竞争力；

②综合利用产品应用不够广泛。目前仅有政府投资工程强制使用综合利用产品，但对使用综合利用产品数量上没有要求；社会投资工程对综合利用产品使用不广泛。此外，对于生态修复等无需报建的项目，综合利用产品应用不够广泛。总体上来说，综合利用产品应用未有强制性政策依据；

③综合利用企业均为市场化经营，政府补贴低，探索高端综合利用技术和生产深度加工的综合利用产品内生动力

不强；

④受原料来源参差不齐等影响，综合利用产品质量有待提高，市场认可度不高。

## 二、国内外经验借鉴

### （一）建立多层次建筑废弃物排放收费体系

中国香港地区于 2005 年 1 月开始实施建筑废弃物处置收费计划，即建筑废弃物产生者（如建造工程承包商、装修工程承包商或处所拥有人）在使用政府的废物处置设施前，须先向环境保护署开立账户并通过账户缴费。其收费遵循的主要原则为惰性建筑废弃物含量越低、收费越高。若基本为惰性成分的公众填料，收费标准为 27 港币/t；掺杂着一定惰性物质的混合建筑废弃物需通过设施进行分类筛选，收费标准为 100 港币/t；建筑废料对环境影响较大，且无重用价值的，收费为 125 港币/t。

德国按照资源属性的不同实行差异化收费，如具有显著资源价值的含煤焦油的沥青混合物、土壤和砾石可免费处理，纯砖块的处理费用约为 8 欧元/t，但杂质含量较高的建筑建设和拆建废物的处理费用约为 148 欧元/t。

新加坡实行高额建筑废弃物堆填处置收费，费用约为 97 新元/t，增加建筑废弃物排放成本，有利于承包商减少建筑废弃物的排放。因此，差异化收费标准可有效鼓励源头分类，降低处置成本及环境负担，有效进行资源重复利用。

### （二）推动绿色设计和施工，减少建筑废弃物排放量

新加坡的建筑工程广泛推进绿色建筑和绿色施工理念，实行绿色建筑标识计划，并出台了建筑废弃物拆除行为准则，

## 垃圾处理

---

减少建筑废弃物排放。

日本要求建筑行业各责任主体要通过建筑方案设计、施工建材的选择及施工技术的改进来实现建筑废弃物的源头减量，此外要求建筑师在设计时要考虑建筑在 50a 或 100a 后拆除的回收效率，建造者在建造时采用可回收的建筑材料和方法，尽量做到建造零排放，建造时利用延长建筑物寿命的技术和建筑结构。

上海在源头减量层面一方面要求推广装配式建筑、全装修房、建筑信息模型应用、绿色建筑设计标准等新技术、新材料、新工艺、新标准，另一方面鼓励通过完善建设规划标高、堆坡造景、低洼填平等就地利用方式，以及施工单位采取道路废弃沥青混合料再生、泥浆干化、泥沙分离等施工工艺，减少建筑废弃物的排放。

### （三）多措并举提升建筑废弃物综合利用水平

德国、日本及新加坡等从健全法律法规体系、提升工艺技术、加大政策补贴、设立标准规范等措施来提升建筑废弃物综合利用水平。日本制定了一系列促进建筑废弃物减量化和综合利用的法律法规，已形成了以《环境基本法》-《推进循环型社会形成基本法》-普通法律体系-个别物品的不同特性而制定的专门法的 4 层法律体系；德国、新加坡等通过减免税、提供专项环保基金、融资方式或土地低租金等经济政策扶持综合利用企业；日本、德国大力发展减量化和综合利用技术工艺，研发各种先进专业设备，并形成了一套较为完善的生产标准体系。

### （四）建立全过程监管体系，实现建筑废弃物精准管控

发达国家非常注重智慧化全过程监管体系的建立，以此动态监控建筑废弃物产生来源及去向。比较典型的为日本，通过现场分类、预申报、管理票、妥善处置报告等制度形成“申报-排放-运输-处置”全过程全参与方的闭环管理，并在法律层面明确规定建筑废弃物产生前、实施拆除过程中、建筑废弃物产生后各环节中工程建设单位、总承包单位、分包单位在建筑废弃物产生量、回收量、处置量等信息登记制度中的责任和义务，实行全过程建筑废弃物信息的动态监控，为建筑废弃物减量化和综合利用奠定良好的基础。

### 三、建筑废弃物减量化与综合利用策略

#### （一）强化常规引导

在总体规划层面，严控大拆大建、大挖大填，统筹全市地下空间资源有序开发和高效利用，避免盲目和无序的地下空间开挖，提倡在各层次规划中采取有效的建筑废弃物减量化和综合利用措施；在详细规划层面，尤其在编制重点片区、新建片区，城市更新规划时，通过科学抬升标高、集约化利用地下空间、实施屋顶绿化、推行立体停车等方式促进工程渣土减量，估算建（构）筑物拆除总量和地下空间开挖总量。并适当预留建筑废弃物综合利用设施用地；在专项规划层面，尤其是涉及建筑废弃物产生量大的地下空间、道路工程、地铁工程、铁路工程、水务工程、综合管廊等建设类专项规划时，建议增加建筑废弃物减量化篇章，估算工程渣土、拆除废弃物产生总量并科学安排处置渠道。此外，建议编制建筑废弃物专项规划，因地制宜制定源头减量化和综合利用控制

指标，合理规划布局建筑废弃物综合利用设施。

### （二）实施绿色设计

对于工程渣土和工程泥浆，在项目方案设计阶段，根据地形地貌合理确定场地标高，开展土方平衡论证，减少工程渣土排放，将土方平衡论证纳入项目设计方案审查内容。设计单位应在施工图设计中编制建筑废弃物减量化专项设计说明，开展建筑废弃物排放量测算。各类建设工程的方案设计需落实 SJG 62-2019 和 SJG 63-2019 的要求。

### （三）施工阶段以排放限额或收费机制为抓手

在施工阶段，目前深圳市已要求实行新建、改建、扩建工程实行建筑废弃物排放限额制度，但并未明确具体化的指标。鉴于施工阶段主要产生施工废弃物和装修废弃物，依据《关于推进建筑废弃物减量化的指导意见》，建议新建建设项目施工废弃物和装修废弃物合计排放量不高于 300t/hm<sup>2</sup>，新建装配式建筑项目施工废弃物和装修废弃物合计排放量不高于 200t/hm<sup>2</sup>。其排放指标的实现可通过推动装配式建造、BIM 技术发展和应用、加强绿色建筑全过程监管及现场精细化分类实现。此外，实行建筑废弃物排放收费制度是建筑废弃物减量化最有效最直接的手段。通过借鉴新加坡和德国等发达国家及中国香港地区的经验，建议深圳市建立科学合理的多层次建筑废弃物排放收费体系。

### （四）大力推动建筑废弃物综合利用

影响建筑废弃物综合利用的因素可概括为 4 个方面：原料品质、市场环境、技术工艺及产品应用。为保证高品质原

料，建议以综合利用工艺技术倒逼方式实行精细化分类制度；在市场环境营造方面，形成以企业为主体的建筑废弃物综合利用产业合作创新机制，健全建筑废弃物处置利用的全产业链，促进建筑废弃物减量化和综合利用，这些创新工作都需要社会多方合作完成。因为深圳市建筑废弃物综合利用企业普遍规模小，没有形成产业化，同时政策的限制、利润的缺失让现有的综合利用企业难以维持和发展壮大。因此要培育产业发展还需要形成合力。

此外，还需政府进行大力扶持，政府一方面通过产品认定、发布产品目标、统一标识及定期公布产品信息价等保证综合利用产品的质量和良好的市场环境，另一方面实行建筑废弃物成型产品政策补贴制度来维持企业可持续性经营；在技术工艺方面，拓宽建筑废弃物综合利用技术，鼓励企业、高校及科研机构进行先进技术、装备工艺等的研发，并将优秀减量化和综合利用案例进行推广应用；在产品应用方面，要求政府投资工程应强制推广使用市建设主管部门发布的《2022年度建筑废弃物综合利用产品目录》中的综合利用产品，目录内综合利用产品使用量占同类产品的比例不低于30%。鼓励社会投资建设项目使用综合利用产品。综合利用产品的应用可与海绵城市、绿色建筑、绿色建材及生态修复等挂钩。

### （五）科技赋能实行建筑废弃物全过程监管

实现电子联单全面覆盖。将全市范围内所有排放场所、利用场所、消纳场所之间的建筑废弃物及其再生材料、综合

## 垃圾处理

---

利用产品的运输，以及跨市处置建筑废弃物的车辆、船舶运输全面执行电子联单管理并纳入建筑废弃物动态监管系统中。探索数字化升级改造。加快“圳智慧”平台建设，将建筑废弃物排放、运输、消纳等环节整合纳入监管，打造深圳市数字政府、智慧城市的新亮点。

### 四、结论

建筑废弃物的减量化和综合利用是一项涉及多利益方的复杂系统，需政府、企业、社会组织及公众等多方参与，因此明晰权责、形成协同合力非常关键；与此同时，其减量化和综合利用的实现，需要5个方面的保障。

1. 将减量化和综合利用理念和举措多角度、多方面渗透于国土空间规划体系中，强化规划引导作用，重点编制建筑废弃物领域的专项规划，以此保障处置设施空间用地；

2. 注重优化项目设计方案，减少建筑废弃物的产生，提高建筑废弃物综合利用产品应用；

3. 建筑废弃物排放要有抓手，可通过排放限额或收费机制来实现；

4. 在政策指导下，健全制度体系，营造良好的市场氛围，以政府兜底为主，鼓励市场化综合利用；

5. 科技赋能，建立智慧化监管平台，实现建筑废弃物领域的数字化。

（来源：“固废观察”微信公众号）

## 《关于加快构建废弃物循环利用体系的意见》 政策解读

2024年2月6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》（国办发〔2024〕7号，以下简称《意见》）。日前，国家发展改革委有关负责同志就《意见》有关情况回答了记者的提问。

**问：《意见》出台的背景是什么？**

答：习近平总书记高度重视废弃物循环利用工作，强调要更加重视资源的再生循环利用，推行垃圾分类和资源化，扩大国内固体废弃物的使用，加快构建废弃物循环利用体系。

党的十八大以来，在以习近平同志为核心的党中央坚强领导下，我国大力发展循环经济，加强资源综合利用，废弃物循环利用工作取得积极进展，再生材料已成为重要的生产原料。同时也要看到，随着我国工业化、城镇化进程不断推进，生产生活废弃物呈现规模扩大、来源复杂、利用难度增加等趋势，而废弃物循环利用路径仍有堵点、政策机制存在短板、利用水平仍有提升空间，加快构建废弃物循环利用体系的重要性和紧迫性更加凸显。

为全面贯彻党的二十大精神，按照党中央、国务院决策部署，国家发展改革委在深入研究的基础上，牵头起草《意见》，近日由国务院办公厅印发实施。《意见》对加快构建废弃物循环利用体系作了顶层设计和总体部署，旨在加快构建起覆盖全面、运转高效、规范有序的废弃物循环利用体系，推动发展方式全面绿色转型。

**问：加快构建废弃物循环利用体系总体要求是什么？**

答：总体要求是以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的二十大精神，全面贯彻习近平生态文明思想，完整、准确、全面贯彻新发展理念，坚持系统谋划、协同推进，分类施策、精准发力，创新驱动、提质增效，政府引导、市场主导的原则，遵循减量化、再利用、资源化的循环经济理念，以提高资源利用效率为目标，以废弃物精细化管理、有效回收、高效利用为路径，覆盖生产生活各领域，发展资源循环利用产业，健全激励约束机制，加快构建废弃物循环利用体系，为高质量发展厚植绿色低碳根基，助力全面建设美丽中国。

**问：加快构建废弃物循环利用体系的主要目标是什么？**

答：《意见》按照定量与定性相结合的原则，分 2025 年、2030 年两个阶段提出工作目标。到 2025 年，初步建成覆盖各领域、各环节的废弃物循环利用体系，主要废弃物循环利用取得积极进展。尾矿、粉煤灰、煤矸石、冶炼渣、工业副产石膏、建筑垃圾、秸秆等大宗固体废弃物年利用量达到 40 亿吨，新增大宗固体废弃物综合利用率达到 60%。废钢铁、废铜、废铝、废铅、废锌、废纸、废塑料、废橡胶、废玻璃等主要再生资源年利用量达到 4.5 亿吨。资源循环利用产业年产值达到 5 万亿元。

到 2030 年，建成覆盖全面、运转高效、规范有序的废弃物循环利用体系，各类废弃物资源价值得到充分挖掘，再生材料在原材料供给中的占比进一步扩大，资源循环利用产业规模、质量显著提高，废弃物循环利用水平总体居于世界前列。

**问：加快构建废弃物循环利用体系包括哪些重点任务和政策举措？**

答：《意见》提出了5方面重点任务和政策举措。一是**推进废弃物精细管理和有效回收**。按照废弃物不同来源精准施策，主要包括加强工业废弃物精细管理、完善农业废弃物收集体系、推进社会源废弃物分类回收。二是**提高废弃物资源化和再利用水平**。根据废弃物不同利用方式分类施策，主要包括强化大宗固体废弃物综合利用、加强再生资源高效利用、引导二手商品交易便利化规范化、促进废旧装备再制造、推进废弃物资源化利用、推广资源循环型生产模式。三是**加强重点废弃物循环利用**。综合考虑废弃物资源价值、社会关注度、循环利用难度等因素，对重点废弃物循环利用工作进行部署，主要包括加强废旧动力电池循环利用、加强低值可回收物循环利用、探索新型废弃物循环利用路径。四是**培育壮大资源循环利用产业**。主要包括推动产业集聚化发展、培育行业骨干企业、引导行业规范发展。五是**完善政策机制**。聚焦政策和机制堵点难点，提出完善支持政策、完善用地保障机制、完善科技创新机制、完善再生材料推广应用机制。

**问：如何抓好《意见》的贯彻落实？**

答：《意见》要求各地区各有关部门加强组织实施，切实加快构建废弃物循环利用体系。要加强组织领导，完善工作机制，细化目标任务，确保各项政策举措、重点任务落地见效；要抓好宣传引导，大力宣传废弃物循环利用的重要意义、相关政策措施，营造良好社会氛围；要强化国际合作，积极参与国际循环经济领域议题设置，深化双边合作。

（来源：国家发展和改革委员会政务网）

## 《商务部等 9 部门关于健全废旧家电家具等 再生资源回收体系的通知》解读

经国务院同意，商务部等 9 部门于近日联合印发《关于健全废旧家电家具等再生资源回收体系的通知》（以下简称《通知》）。商务部流通发展司负责人对《通知》进行了解读。

### 一、《通知》出台的背景

健全废旧家电家具等再生资源回收体系有利于提高家电家具以旧换新便利性，释放家电家具更新消费潜力，对推动形成绿色生产生活方式具有重要意义。

一是便利以旧换新消费。近年来，我国家电家具市场已从单纯的“增量时代”进入“增量和存量并重时代”，整体保有量与更新报废量都很大，更新需求进入集中释放期。健全废旧家电家具等再生资源回收体系，有利于改善以旧换新消费环境，畅通家电家具更新消费循环。

二是促进资源节约利用。据有关协会统计，2023 年我国废旧家电回收总量达 450 万吨，含有金、银、铜、锡等大量贵金属和塑料等。健全废旧家电家具等再生资源回收体系，提升规范化回收水平，有利于促进提高资源循环利用效率。

三是有利于节能降碳。据有关协会统计，每回收 1 吨废旧家电，拆解出的再生资源能够减少二氧化碳等各类温室气体排放约 4.7 吨。

### 二、《通知》的工作目标和主要任务

《通知》以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，

坚持政府引导、市场主导，因地制宜、分类施策，典型探索、以点带面的原则，提出到 2025 年，在全国范围内培育一批废旧家电家具等再生资源回收体系典型城市和典型企业，推广一批经验模式，全国废旧家电家具回收量比 2023 年增长 15% 以上，废旧家电家具规范化回收水平明显提高。

《通知》围绕完善回收网络、培育回收主体、创新回收模式、规范回收行为等方面提出具体工作任务。一是在完善回收网络规划布局方面，要合理规划回收网络，完善社区回收网点建设，畅通公共机构回收渠道。二是在培育多元化、规模化回收主体方面，要延伸生产企业责任，发挥流通企业渠道优势，支持回收企业做大做强。三是在探索创新回收模式方面，要发展“互联网+回收”，支持开展规范的“以车代库”回收。四是在做好规范化处理方面，要促进废旧家电家具规范化处理与二手商品流通。

根据《通知》要求，商务部会同有关部门印发了《健全废旧家电家具等再生资源回收体系典型建设工作指南（试行）》，加强对相关工作的组织和指导。

### 三、下一步工作考虑

商务部将会同有关部门和地方重点做好以下工作：一是加强标准建设，加紧制修订废旧家电回收规范、估值评价规则等系列标准；二是强化要素保障，用好现行各类政策工具，支持废旧家电家具等再生资源回收体系建设；三是开展宣传推广，普及节能减排知识，传播绿色低碳理念。

（来源：国家商务部政务网）

## 广州鼓励有条件的公厕增设母婴室

广州市政府官网发布《广州市公共厕所管理办法》（简称《办法》），聚焦公厕“谁来建、怎么建、怎么管”，通过地方立法，建立规范化、标准化的管理机制，为公厕精细化管理提供制度保障，提升市民群众的获得感、幸福感。

《办法》将于4月1日正式实施。根据《办法》，广州公厕环境将进一步提升，其中，环卫公厕和公园公厕需免费提供厕纸、洗手液；人流密集场所的公厕，女性厕位和男性厕位的比例应当不小于二比一；还可以根据实际情况，设置男女通用厕位、潮汐厕位。为了让公厕管养资金得到持续保障，《办法》还鼓励“以厕养厕”“以商养厕”，解决经费不足问题。

《办法》提出建立市区政府领导、城管部门统筹、各部门分工协作的管理格局，分类厘清各类公厕的维护管理责任人，确保责任全覆盖、无死角。

根据要求，广州公厕设计需注重人性化，设施建设以及设备配置应当考虑适老化、适幼化需求，按照规定设置轮椅坡道、扶手抓杆、无障碍厕位等无障碍设施设备。建筑面积一百平方米以上的公厕，应当设置第三卫生间、无障碍卫生间。鼓励有条件的公厕增设母婴室等便民设施。

如厕排队问题长期以来受到公众广泛关注，而合理设置男女厕位比，提高女厕位数量占比，可一定程度缓解女性如厕排队难题，让城市管理更加文明更有温度。

《办法》提出，公厕设计应当合理设置男女厕位比例，提高女性厕位数量。其中，商业繁华地段、重要交通客运设施、大型体育场馆、重点旅游景区、重点公园等人流量较大场所的公厕，女性厕位和男性厕位的比例应当不小于2:1；其他人流量一般场所的公厕，女性厕位和男性厕位的比例应当不小于3:2。根据实际情况，可以设置男女通用厕位、潮汐厕位。机场、火车站以及举办国际性活动的体育场馆、展览馆等场所内的公厕，应当设置一定比例的坐厕。

根据要求，公厕应当免费对公众开放，禁止以任何形式和理由收费。环卫公厕和公园公厕应当免费提供厕纸、洗手液。鼓励全市临街的行政机关、企事业单位、社会团体等单位的一楼内设厕所在工作时间内免费对外开放，悬挂对外开放标识，并做好维护管理工作。

为了让公厕管养资金得到持续保障，《办法》提出建立健全财政保障、“以厕养厕”“以商养厕”等新路子、新办法，为公厕的建设与管养提供足额的、可持续的经费保障，解决公厕日常管养经费不足问题。

（来源：《广州日报》2024年2月5日A5版）

## 上海如何留住干过五种职业的00后环卫小哥

环卫汽修工人李长杰，2002年生，去年刚到上海。现在每天的任务是跟着师傅学习环卫车辆的修理。车胎上缝缝补补，考验的是手艺，小李认真看着师傅的操作，希望自己能尽早“上手”，毕竟自己在职校学的专业就是汽修。

### 一、干过 5 份职业的 00 后环卫人

身为贵州人，在重庆读的书，再到上海来工作。00 后李长杰出人意料地做过很多种工作：“中式糕点师、餐厅服务员、木匠、还合伙开过酒吧……”

但他最想做的工作还是和汽车有关，“因为我 19 岁拿了驾照，拿完驾照我自己在家琢磨车。”现在从事这份汽修工作，也让梦想照进了现实。

小李来上海先是借住在小姑家，也是租的房子。有了这份工作后，单位也为他找好了住处，很快就搬进了位于徐汇区老沪闵路上的“新时代城市建设者管理者之家”，入住四人间，上铺下桌，虽然谈不上宽敞，但也整洁舒适。

上下铺的床架全都是实木，就算在冬天也不冻手。床铺里侧还有一扇移门，做了内嵌式的柜子用于储物。洗漱区域也由原本的单台盆改为左右两侧双台盆设计，避免同时使用时的拥挤。



“当时第一次看到很满意，有个睡觉的地方，可以洗澡就可以了。”李长杰说，其实回家也有活干，但自己爱玩“管不住”，现在干环卫也有了一些责任感。

## 二、自带社区食堂“家”的味道

晚饭时间，共享厨房里飘出的香气弥漫在空气中，瞬间有了“家”的味道。工人们结束了一天工作，带着疲倦但满足的神情陆续归来。共享厨房成了他们释放压力的温馨之地。

同一时间，项目内配套的社区食堂飘来饭菜香，工友们结伴回到宿舍，简单洗漱之后，换上舒适的衣服，来到食堂，吃一口热饭。点个两菜一汤只要6块钱，管饱又干净。

在共享公寓的食堂里，来自天南地北的建设者们齐聚一堂，他们说着各地的方言，聊着家乡的故事，互相交流着工作的经验与理想。这里不仅是一个简单的用餐之地，更是一个心灵的寄托，一个情感的交流平台。





这个自带社区食堂的新时代建设者管理者之家就在徐汇区老沪闵路上，有 150 套单间和 254 个宿舍型床位，这里目前有环卫、水务和建筑工程的劳动者共 78 位居住在这里，这个家能让他们更安心的在工作岗位上发光发热。

除了生活必需，其实里面还有共享阅读空间、便利店、党群服务中心等配套设施。期待像李长杰这样的 00 后能在这里认识上海、熟悉上海、喜欢上海。

（来源：“绿色上海”微信公众号）

---

报：陶镇广、张颖、谭斌、何正清、徐书同、谭礼和、  
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2月26日

---

编审：李湛江 朱云

编辑：梁梓恒 罗志红 电话：81073291