

城市管理

科技信息简报

2023 年第 4 期

广州市城市管理技术研究中心

2023 年 4 月 19 日

本期要目

- ◆ 《“垃圾分类”系列丛书》出版
- ◆ 生活垃圾清运不及时问题的原因分析与解决路径——以北京市为例
- ◆ 新背景下建筑垃圾处理的碳减排作用分析
- ◆ 可回收物资源化技术现状及发展趋势
- ◆ 广州市印发《广州市深化生活垃圾分类处理三年行动计划（2023—2025 年）》
- ◆ “无废园区”建设实施方案印发
- ◆ 新型垃圾渗滤液全量化处理一体化高效反应器
- ◆ 惠州市市区垃圾渗滤液处理站提量改造工程

目 录

垃圾分类

垃圾分类：少了“人工”，多了“智能” 1

《“垃圾分类”系列丛书》出版 4

技术前沿

生活垃圾清运不及时问题的原因分析与解决路径——以北京市为例 6

新背景下建筑垃圾处理的碳减排作用分析 12

可回收物资源化技术现状及发展趋势 21

政策文件解读

广州市印发《广州市深化生活垃圾分类处理三年行动计划（2023—2025年）》 31

“无废园区”建设实施方案印发 34

科技创新与应用

新型垃圾渗滤液全量化处理一体化高效反应器 36

惠州市市区垃圾渗滤液处理站提量改造工程 42

垃圾分类：少了“人工”，多了“智能”

3月29日，华东地区市容环境卫生工作第29届年会暨第24届废弃物处理研讨会、2023城市管理技术与装备博览会在南京开幕。大会以“科技赋能 助推城市管理现代化”为主题。生活垃圾分类与治理高峰论坛也同时举行，来自华东六省一市的城管部门负责人、企业、专家学者等汇聚一堂，围绕垃圾分类等热点内容，交流新思路、新做法，为深入推进垃圾分类、提高城乡人居环境品质建言献策。

一、分类“神器”同台竞技

AI+垃圾分类、两网融合智能资源回收、无人驾驶清扫车、卫生间自动保洁机器人……走进博览会展厅，各种垃圾分类处理“神器”齐齐亮相、同台竞技。



由苏州嘉诺环境科技股份有限公司研制的可回收物精

垃圾分类

细分选设备——疾风 BS 型单列式 AI 分选机，可将可回收物中的瓶子进行精细分拣。技术人员将分类需求录入机器的电脑系统后，设备可以根据算法将不同品牌、颜色、材质的瓶子进行智能分拣，使垃圾分类处理更便利、成本更低，该设备每小时可精细分拣 0.5 吨瓶子。

厨余垃圾分类投放需要破袋，不少居民嫌麻烦、担心会弄脏手。浙江联运环境工程股份有限公司研发的自动破袋设备内置自动破袋功能，居民投入厨余垃圾后，设备自动将垃圾包破袋，垃圾袋顺通道落入旁边的其他垃圾箱体，厨余垃圾直接掉入箱体。垃圾箱体内还安装 AI 巡检设施，可以自动识别居民分类情况，进行取证，倒逼居民做好分类，减少 58% 的人力，目前这套设备已在南京、张家港等城市部分小区投用。在智能破袋设备中可配备垃圾分类自动换桶机，箱体内安装由料斗和自动传输带组成的智能运行设备，料斗会自动将垃圾进行由远及近地投放。垃圾满溢时，还可以自动预警、自动换桶。

二、多方合力做好“关键小事”

江苏在全国率先全省域推进城乡生活垃圾分类，生活垃圾焚烧处理能力在全国名列前茅。截至 2022 年底，全省生活垃圾分类覆盖率超 90%，城市生活垃圾回收利用率超 35%，资源化利用率超 60%。

南京、苏州等地都已出台生活垃圾管理条例，全面推进垃圾分类。目前南京厨余垃圾、低价值可回收物、有害垃圾

较条例施行前，分别增长了 1.08 倍、17.8 倍、0.73 倍，同期其他垃圾下降 7.35%，垃圾分类取得明显成效。

垃圾分类这件“关键小事”，需要政府、部门、基层通力配合，让“新时尚”成为“好习惯”。苏州成立市委、市政府主要领导任组长的“双组长”领导小组，建立市、区、街道三级工作专班机制。目前，苏州厨余垃圾分类收集处理量占生活垃圾清运量的比例超 25%，居民小区分类投放准确率超 95%，居民厨余垃圾分出率达 40%。



三、分类处理精细化是趋势

垃圾分类存在乱投放溯源难、处罚证据难收集、物业管理成本高等问题，“AI+数字化”应用于垃圾分类是大势所趋。智能化技术能嵌入垃圾分类全流程，可以促进垃圾分类投放、转运、处理效率提升，实现无人化运行、监管。



精细化是国际化大都市垃圾分类处理系统的内在要求，上海、苏州、深圳等地的垃圾分类全流程精细化管理平台建设已取得一定进展，走在全国前列，但精细化程度还有进步空间。为此，需要运用好物联网、大数据、5G、人工智能等新一代信息化技术，建设贯通市区街三级、覆盖各类责任主体、各个管理环节、各种品类垃圾的智慧平台，推动分类数据实时采集、精准计量、全程追溯。

（来源：中国江苏网）

《“垃圾分类”系列丛书》出版

随着我国社会经济的快速发展、城市化进程的加快和城市人口的增加，城市生产和生活过程中产生的垃圾量迅速增

长，随之而来的是难以避免的垃圾治理困境。垃圾不但影响城市景观、制约城市发展，而且对市民的健康构成严重威胁，生活垃圾本身具有一定的资源属性，若不能有效利用，更是资源的莫大浪费。因此，实行垃圾分类，节能环保，利国利民。

垃圾分类习惯养成是一场持久战，需要每位市民充分学习了解垃圾分类知识并身体力行参与、持之以恒推进，为此，由李湛江、李薇等人主编，广东科技出版社出版的《“垃圾分类”系列丛书》应时而生。丛书包括《垃圾分类实用手册（通用版）》《垃圾分类小达人》共2册，读者受众分别为成人和少儿。

其中，《垃圾分类实用手册（通用版）》的主编李湛江博士作为长期从事生态环境保护、固体废弃物处理、垃圾分类相关工作的专家学者，在垃圾分类教育培训方面具有丰富经验和独见之明。

丛书注重理论与实践的结合，图文并茂地详细介绍了生活垃圾如何分类、投放、收集、处理等知识，为读者提供了清晰、具体的垃圾分类指导和参考，是一套集科普和实用功能于一体的垃圾分类指南。书中有大量精彩形象、逸趣横生的插画，还有直观具象、一览了然的图表，语言表述简练通俗，让读者易读、易学、易懂。

丛书还专门设有一章节介绍国内外的垃圾分类先进经验做法，详述美国、德国等国家及广州、上海等城市在生活

垃圾分类处理体系、法制化建设、宣传教育等方面的独到之处，方便读者一窥各国各城市在垃圾分类与资源化利用这项环保事业上的“异”与“同”。

从“新时尚”到“好习惯”，从“减源头”到“再利用”，垃圾分类作为一件“关键小事”，不仅关乎你我“指尖文明”，更是全民践行“绿水青山就是金山银山”理念、开启更加美好绿色生活的重要路径，只要人人积极参与，我国垃圾治理之路定会越走越通畅。



链接：https://www.gz.gov.cn/xw/zwlb/bmdt/scsglhzhzfj/content/post_8864767.html

生活垃圾清运不及时问题的原因分析与解决路径

——以北京市为例

生活垃圾分类是习近平总书记亲自倡导、亲自部署、亲

自推动的“关键小事”。他反复强调，实行垃圾分类，关系广大人民群众生活环境，关系节约使用资源，也是社会文明水平的一个重要体现。全国各城市坚持党建引领，坚持以社区为着力点，坚持以人民群众为主体，坚持共建共治共享，因地制宜推进垃圾分类工作，从法制建设、完善体系、政府推动、全民参与等方面入手，垃圾分类工作取得良好成效，人居环境不断改善，城市品质不断提升。

一、问题表现与原因分析

随着垃圾分类工作的不断推进，城市精细化管理水平不断提高，居民对居住环境要求的不断提升，垃圾清运不及时等一些问題逐渐凸显，主要表现在，居住小区生活垃圾投放站点内垃圾清理不及时，造成垃圾桶站满冒、周边卫生脏乱等。根据对居民诉求数据分析和现场检查调研情况分析，产生垃圾清运不及时问題的主要原因有以下四点：

（一）生活垃圾分类管理责任人长效履责不到位

部分物业等垃圾分类管理责任人在生活垃圾投放站点设置、维护、日常保洁等方面投入的人员和资金不足，存在投放站点的日常维护和清理不到位问題，易出现桶站破损与脏污、桶内垃圾满冒、周边环境脏乱等现象，引发居民投诉。例如某小区，因桶站设置与居民沟通不足、保洁维护不到位引发居民多次投诉。

检查中发现，在一些物业费收缴率高、服务质量好的小区，垃圾清运不及时等问題发生率相对较低。而一些老旧小区

区、失管小区，物业费收缴情况无法保障清扫保洁和垃圾分类需要，垃圾清运不及时等问题的发生率较高。

（二）生活垃圾收集与运输衔接不到位

在部分垃圾转运设施不足的地区，一些物业等生活垃圾分类管理责任人和运输单位衔接不到位，部分垃圾桶装满时未能及时“换桶”和清理，容易导致在节假日、早晨、傍晚等垃圾集中投放的时间段，造成垃圾收集容器满冒、垃圾落地。例如，某小区因物业未及时清理满冒垃圾桶，造成垃圾落地，引发居民投诉。

检查中发现，小区垃圾桶满冒问题解决好的小区，一般普遍采取了“内部微循环”方式，即小区增加备用桶数量、设置垃圾桶临时暂存点，日常由物业保洁人员及时对桶站进行清运维护，将“满桶”运至“暂存点”临时存放，等待垃圾楼开放或环卫车辆清运时集中运出。

（三）应急处置力量不足

在城乡接合部等区域，存在人口倒挂现象，生活垃圾转运、处理能力需进一步优化提升，当遇到转运、处理设施故障等突发状况时，易造成前端垃圾积存。例如，某小区因垃圾焚烧厂突发故障，应急处置能力不足，导致前端垃圾堆积，引发舆情。

检查中发现，在一些城乡接合部地区，生活垃圾产生量大、自主处理能力不足，需将部分垃圾分流至其他地区的处理设施才能保持垃圾产生与处理的平衡。遇到设施故障等突

发状况时，容易造成垃圾在前端堆积，清运不及时。

（四）存在不属实投诉或不合理投诉情况

一是部分投诉人与物业人员或业主之间有矛盾，存在投诉不属实情况；二是部分小区存在垃圾分类设施建设的邻避问题，导致出现不合理投诉。例如 2022 年 3 月，某小区因商品房业主与保障房业主之间存在矛盾，导致在一个月內出现 280 件不属实投诉。

检查中发现，投诉较多的小区通常物业单位与居民沟通不够、服务意识不强，容易出现部分业主借机投诉的情况。

二、实践探索

为深入推进生活垃圾分类，聚焦解决“垃圾清运不及时”这一群众身边的突出问题，2021 年以来，北京市将垃圾清运不及时专项治理工作纳入“接诉即办”和“每月一题”。经过集中治理，垃圾清运不及时诉求数量从 2021 年 1 月的 5803 件，下降到 12 月的 1119 件，下降 80%。根据北京市“接诉即办”改革专项小组第三方评估，垃圾清运不及时问题治理工作群众满意度为 95.67%，在 2021 年全市 27 个“每月一题”专项治理中排名第一。

2022 年，北京市城市管理委员会进一步深化对垃圾清运不及时治理工作的推进力度。

一是每日督促问题整改。每日将 12345 市民服务热线诉求和视频巡查、舆情反映的垃圾清运不及时问题通报各区，督促整改，并加强原因分析，及时下发工作提示。

二是定期召开调度例会。各区城市管理部门汇报问题整改情况，市城市管理委通报近期突出问题，并就需重点关注的工作事项进行提示，指导各区将问题整改到位举一反三，落实管理责任。

三是建立物业单位移送机制。每季度统计垃圾清运不及时诉求涉及的物业管理单位，并将名单移送住建部门，督促物业单位履行垃圾分类管理责任人职责，加强日常管理。

四是加强主动治理。每月挂牌督办市民热线诉求前 20 名的街道（乡镇），对上一年度垃圾分类投诉量排名靠前的 100 个居住小区开展专项治理，建立联络帮扶指导机制。

五是统筹做好涉疫情垃圾清运处理。督促各区涉疫情诉求日清日结，定期召开调度会研究解决各区实际问题，研究制定《涉疫情垃圾收运处置工作指引》和《关于进一步做好疫情期间生活垃圾投放收集运输处置消毒工作的提示》等指导性文件，并组织开展培训，确保涉疫情生活垃圾及时规范清运、处置。

2022 年，垃圾清运不及时诉求量持续下降。2022 年 12 月，垃圾清运不及时诉求量 209 件，相比于治理之初 2021 年 1 月的 5803 件，下降比例为 96.4%，同比 2021 年 12 月的 1119 件下降 81.32%。

三、对策建议

（一）加强指导，促进物业主动履职

目前，居民小区的生活垃圾分类管理责任人主要是物业

单位。下一步，城市管理部门、住建部门（房管部门）、物业管理行业协会要形成合力，开展基层赋能培训、加强对物业单位的指导，结合《北京市生活垃圾管理条例》和《北京市物业管理条例》，促进物业行业建立完善垃圾分类管理长效机制，主动落实生活垃圾分类管理责任人制度。

（二）因地制宜，加强收集运输作业衔接

督促垃圾分类管理责任人，充分发挥“民生工程、民意立项”协商机制，做好生活垃圾投放站点、暂存点的设置和维护管理，合理配置周转桶，与清运单位加强衔接，因地制宜制定生活垃圾收集、清运方案，保证生活垃圾日产日清。在早晨、傍晚等集中投放时段，可增加1次清运作业或增设临时垃圾桶，防止垃圾桶满冒，垃圾落地。

（三）规划先行，逐步补齐设施短板

完善的环卫设施是生活垃圾能够及时清运、处理的基本条件。如果在小区规划建设时未能配套建设满足需求的环卫设施，后期补建会存在违建、邻避效应等问题。尤其是在公共区域有限的小区，基本无补建空间，给后期管理带来极大难度。因此，各区应做好环卫设施专项规划，根据区域垃圾产生量、占比等特点，因地制宜，合理布局密闭式清洁站、转运站、处理厂等设施。在后续区域开发建设中，逐步补齐设施短板，提高生活垃圾收集、转运、处理能力。

（四）加强指导，建立应急处置机制

各区应建立生活垃圾应急处置机制，结合区域特点，梳

理生活垃圾收集、运输、处理各环节突发情况的应急措施，明确城市管理部门、属地街道（乡镇）、环卫作业部门、物业管理单位等各单位管理责任，制定切实可执行的生活垃圾运输处理应急预案，建立责任明晰、上下畅通的联动机制。这样，在发生突发状况时，能够迅速反应，及时采取有效措施降低对居民的影响。

（五）加强巡查，强化主动治理机制

各街道（乡镇）、社区（村）应充分发挥社区治理工作机制，组织网格监督员、日常检查队伍、志愿者等力量，强化日常巡查、检查，主动做好问题的及时发现和治理。同时，结合“城管执法进社区”工作，促进生活垃圾分类管理责任人主动做好日常问题的发现和整改，推动垃圾清运不及时问题由“接诉即办”向“未诉先办”转变。

（来源：“城市管理与科技”微信公众号）

新背景下建筑垃圾处理的碳减排作用分析

建筑领域是碳排放重点行业，建筑全生命周期碳排放占比超过 40%。作为全球基础建设规模最大的国家，我国建筑垃圾总产生量同样位居世界前茅，“十三五”末期年产量即已超过 20 亿吨，这个数字也是国民经济跨越增长的风向标。

建筑垃圾的简易、无序堆填，不仅增加了生态环境污染

负荷、随之带来一系列社会附加成本和负面影响，而且忽略了其自身潜在资源价值属性，与无废城市和绿色建造的新型管理理念相违背。随着“双碳”战略的推进，我国城乡建设开启了以绿色转型为引领的新篇章。与新发展观相适应，绿色建造作为新型建造方式，贯穿了建材生产、建材运输、建筑施工、建筑运行、建筑拆除、废弃物处置等六个阶段。目前国内外碳减排研究主要集中在前面四个阶段。然而，正是建筑物拆除后的资源化处理，使得建筑垃圾变为再生绿色建材，不仅成为了绿色建造的物质基础，而且使得建筑全生命周期的绿色低碳循环变为了现实。

一、建筑垃圾处理与绿色建造推进

（一）建筑垃圾处理的发展趋势

新固废法将建筑垃圾从生活垃圾范畴单独分离，也将建筑垃圾的环境污染防治管理和安全隐患防治管理提升到新的高度，有助于促进“建筑垃圾分类处理、回收利用和全过程管理”制度和体系的逐步建立，实现建筑垃圾从原来的不可控管理，向“建筑垃圾分类处理、回收利用和全过程可控管理”过渡，最终实现减量化、资源化、无害化的目标，不断推进工程建设可持续发展和城乡人居环境改善。

（二）建筑垃圾资源化利用对绿色建造的推动作用

基于绿色建造的碳减排总体路径，我们可以从城市绿色更新、绿色策划、绿色设计、建造方式转型升级、组织方式变革、绿色拆除、建筑材料价值链减排、建筑与建材产业有

效衔接、建筑垃圾资源化利用等重点方面推进绿色建造实施。

其中，建筑垃圾资源化利用的减碳效果最为直接，是串联九大绿色建造实施重点措施的关键技术路线。为细致分析其对绿色建造以及减碳效应的推进作用，有必要从建筑垃圾的减量化、资源化、无害化等方面入手，深入分析各子目标实施过程所面临的具体问题，并针对性提出实施重点。

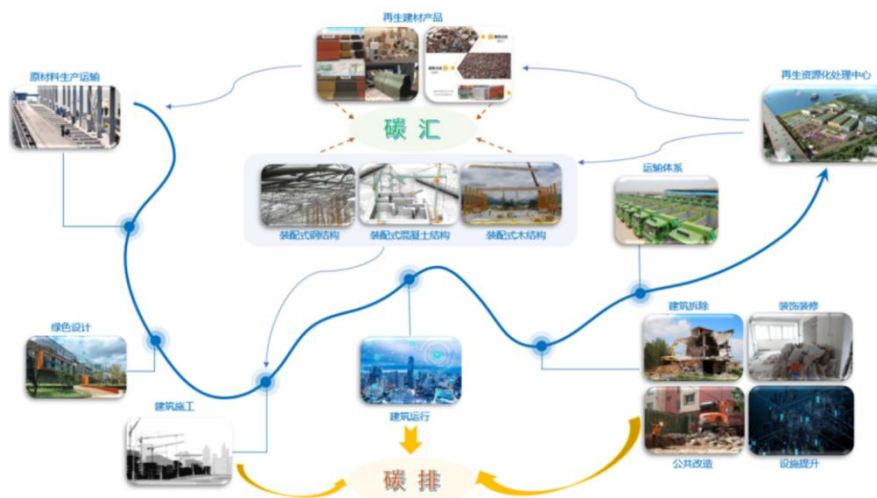


图1 建筑垃圾资源化利用的减碳作用示意图

二、推进建筑垃圾减碳作用的实施重点

(一) 减量化实施分析

1. 背景分析

建筑垃圾减量化是绿色建造中节约资源和保护环境的重要内容。基于绿色建造的建筑垃圾减量化，贯穿绿色建造全过程，包括工程立项策划、设计和施工阶段。通过提出建筑垃圾减量化方法与措施，达到从源头和施工现场减少建筑垃圾的目的。

2. 减量化工作实施重点

开展建筑垃圾减量化工作，首先需要分析不同类建筑垃圾的产生源、种类和性质——分类是减量化的前提，是促进建筑垃圾处理行业协同降碳的先置条件。

建筑垃圾从源头分类后，归集为拆除垃圾、装修垃圾、工程垃圾、工程渣土和工程泥浆，应结合物料组分及当地实际情况，形成“收、运、处”一体化体系。各类建筑垃圾处理及利用优先次序宜按下表确定。

表 1 建筑垃圾处理及利用优先次序

类别	处理及利用优先次序
拆除垃圾	资源化利用>堆填>填埋处置
装修垃圾	资源化利用>填埋处置
工程垃圾	资源化利用>堆填>填埋处置
工程渣土	资源化利用>堆填>作为填埋场覆盖用土>填埋处置
工程泥浆	资源化利用>堆填>作为填埋场覆盖用土>填埋处置

注：进行堆填、填埋处置的垃圾，应满足相应处置方式的物物理化指标要求。

建筑垃圾分门别类后，采用就地利用方式可以有效降低运输过程产生的碳排放，同时最大程度降低进入终端填埋的物质总量，减少碳排放的协同倍增作用。目前，施工现场产生的垃圾（包括建造作业、拆除作业等环节）占国内建筑垃圾总产量比例约 70%，这是推行减量化工作的核心对象。

（二）资源化实施分析

1. 背景分析

建筑垃圾的成分在一定程度上决定了工艺，得到资源化利用的目的，需在工艺环节上充分去除建筑垃圾中的杂物，分离不同组分的物质。不同的来源所产生的建筑垃圾成分是

不一样的，而且存在着明显的区别，需要根据建筑垃圾的来源及成分针对性考虑主导的综合利用工艺及产品方案。

2. 资源化利用实施重点

高效资源化利用的关键在于“分类”，这建立在对建筑垃圾组分的深刻认识，以及对我国现有建筑垃圾前端预处理技术发展程度的理解。

根据建筑垃圾分类，不同的建筑垃圾收集运输及分类资源化利用方案各具差异，具体如下：

(1) 拆除及装修垃圾

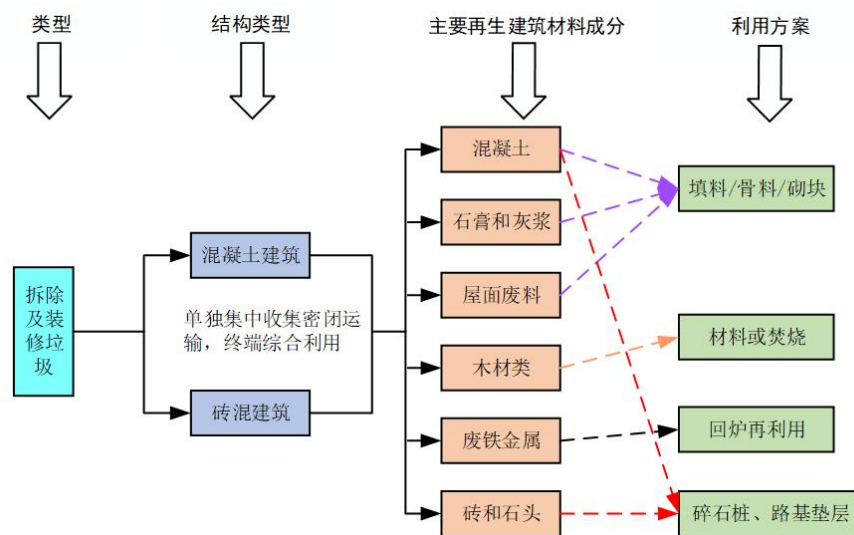


图 2 拆除及装修垃圾再生资源化利用产品方案示意图

(2) 工程渣土

工程渣土主要是以种植、回填、造景为主，应当在源头就进行分流。

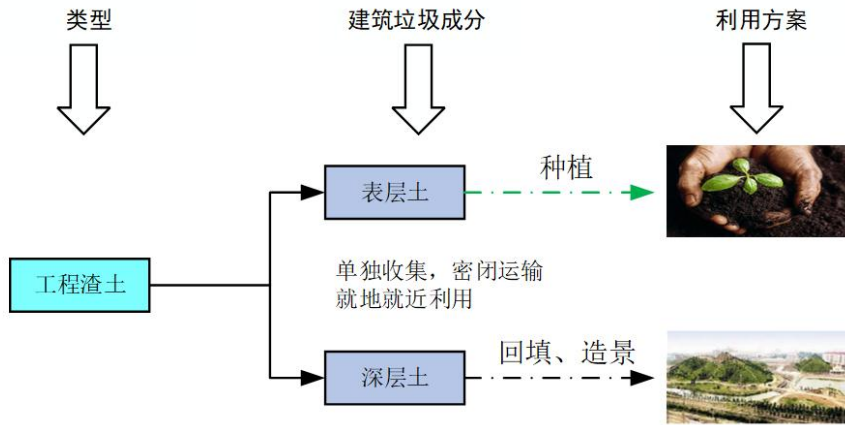


图 3 工程渣土再生资源化利用示意图

(3) 其他建筑垃圾

工程垃圾应优先考虑就地资源化处理模式，在进行初步杂物分拣后，预处理方式宜参照拆除垃圾处理方式。现场不具备条件时，应采用集中收运、处理模式。再生处理工艺选择，应根据物料成分具体情况等因素确定，可参照拆除垃圾、装修垃圾再生处理工艺。工程垃圾经过初步分类后，宜与拆除垃圾、装修垃圾协同处理。

工程泥浆应优先考虑就地处理模式。现场不具备条件时，应采用集中收运、处理模式。考虑到各建筑工地施工管理方式存在较大差异，在进行工程泥浆处理前，必须做到溯源可查，掌握泥浆调研检测数据；根据后端资源化利用方式要求，选择是否进行砂石组分回收处理。工程泥浆经预处理后，应着重控制含水率低于 40%，物料黏度、流变性、持水性、渗透系数等核心指标得到改善后方可进行后续环节处置。

(三) 无害化实施分析

1. 背景分析

“无害化”是建筑垃圾管理的根本目的，也是总体要求。建筑垃圾从产生、收集、运输到减量、再利用、再生利用、回收利用都必须遵循这一要求。

2. 无害化处理实施重点

实现建筑垃圾的无害化处理，首先应对建造过程和拆除过程产生的建筑垃圾产生源、构成及性质进行分析。结合分类组分特点，采取不同处理工艺后，无法进行资源化再生利用的组分可以考虑无害化填埋处理方式。

(1) 建造、拆除过程产生的建筑垃圾

建造、拆除过程产生的建筑垃圾处理设施建设应遵循城市总体规划、城市环境卫生专项规划等相关内容的规定，并结合建筑垃圾产生类别、产生量选择适宜收集、运输及处理的方式。在当地条件允许情况下，应优先选择资源化处理方式。

建造、拆除产生的建筑垃圾处理过程分选出的危险废弃物应于厂（场）内指定区域集中暂存，定期交由有资质企业统一运输、处置。产生的无利用价值的惰性物、含粉尘废气、生产废水等，应根据当地环保排放要求，选择适宜的处理技术，推荐采用卫生填埋处理方式。

(2) 工程渣土、工程泥浆

工程渣土、工程泥浆，应达到可溯源要求，并对来源地区地质构造、地理环境等条件进行资料收集及初步分析，掌握土样调研检测数据，重点了解含砂率及含水率等相关指

标。

含砂率超过 35% 的原料，进厂后必须进行预处理以回收砂石组分，剩余组分经预处理后，应改善高含水率、高黏度、易流变、高持水性和低渗透系数等特性，方可进行后续环节处置。结合当地规划、环保等相关部门要求，改性后物料应优先考虑资源化利用方式，鼓励进行再生建材产品制备生产。确受当地产业政策限制或项目所在地无条件进行资源化利用时，应确保改性物料各力学指标符合相关要求，方可进行堆填、作为覆盖用土以及填埋处置等处理方式。

三、典型建筑垃圾资源化处理项目的减碳效果分析

（一）评价对象

本研究的评价对象为襄阳市某年处理 50 万 t 的典型建筑垃圾资源化处理项目，总投资约 3.2 亿元，年产再生压制砖 100 万 m²，再生无机混合料 20 万 t，再生混凝土 50 万 m³，剩余再生骨料 2.24 万 t，回收金属 0.57 万 t。

建筑垃圾厂内资源化处理环节，年外购水泥及添加剂 14.51 万 t，外购天然砂石料 48.33 万 t，消耗电力 615.23 万 kWh、柴油 180t、自来水 19.19 万 m³。

（二）碳排放量计算

建筑垃圾处理项目每年产生的碳排放包括化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放（柴油消耗量 180t）、净购入电力消耗隐含的二氧化碳排放（电力消耗 615.23 万 kWh）和原材料使用隐含的二氧化碳排放（外购水泥及添加剂 14.51 万 t、外

技术前沿

购天然砂石料 48.33 万 t、自来水 19.19 万 m³)。通过计算, 本项目运营期年二氧化碳排放量为 11.31 万 t, 详细计算过程见表 2。

表 2 项目碳排放量计算表

项目	用量	计算单位	低位发热量 (GJ/t)	单位含碳量	单位	碳氧化率 (%)	碳排放量 (tCO ₂)
柴油 ^a	180	t	43.33	0.0202	tC/GJ	98	566.12
电力 ^b	6152.3	MWh	--	0.757	tCO ₂ /MWh	--	4657.29
水泥 ^c	145100	t	--	0.735	tCO ₂ /t	--	106648.5
天然砂石 ^c	483300	t	--	2.51	kgCO ₂ /t	--	1213.08
自来水 ^c	191900	t	--	0.168	kgCO ₂ /t	--	32.24
合计		tCO ₂	--	--	--	--	113117.24

注: 表中上标表示数据来源, 其中 a 为《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南》; b 为《中国电力统计年鉴 2020》各类电厂电耗数据加权平均得到; c 为《建筑碳排放计算标准》GB/T51366-2019。

(三) 碳减排量计算

本文采用“有无对比”分析法, 计算该建筑垃圾资源化处理项目的二氧化碳减排量。

在“无项目”情境下, 采用传统工艺生产前节所述的压制砖、无机混合料、商品混凝土、骨料、金属等产品, 需要年排放二氧化碳 46.19 万 t, 详细计算过程见表 3。

表 3 基准情景碳排放量计算表

产品名称	产量 (万 t)	碳排放因子 (tCO ₂ /t)	碳排放量 (万 tCO ₂)
钢铁	0.57	1.7000	0.969
骨料	2.24	0.0050	0.0112
砖砌块	14.4	1.6800	24.192
混凝土	120	0.1674	20.088
无机混合料	20	0.0466	0.932
合计		--	46.1922

注: 表中数据来源为《建筑碳排放计算标准》GB/T51366-2019。

根据前述计算分析，“无项目”情景下年二氧化碳总排放量为 46.19 万 t，“有项目”情景下年二氧化碳总排放量为 11.31 万 t，不考虑泄露排放等极端情况，该建筑垃圾资源化利用项目实施后，年二氧化碳减排量可达到 34.88 万 t。该项目年均处理建筑垃圾 50 万 t，则每综合利用 1t 建筑垃圾可减少二氧化碳排放量约 0.698t。

四、结论

（一）基于绿色建造的碳减排总体路径，建筑垃圾资源化利用的减碳效果最为直接，是串联九大绿色建造实施重点措施的关键技术路线。

（二）为细致分析其对绿色建造以及减碳效应的推进作用，有必要从建筑垃圾的减量化、资源化、无害化等方面入手，深入分析各子目标实施过程所面临的具体问题，并针对性提出实施重点。

（三）建筑垃圾资源化处理技术具有显著的碳减排效益，本文通过“有无对比”方法对具体项目进行了碳减排定量测算，发现每综合利用 1t 建筑垃圾可减少二氧化碳排放量约 0.698t。

（四）本文研究结论对于建筑垃圾处理领域进行碳减排、碳排放核算机理具有重要参考作用，有助于提高行业资源利用效率、完善绿色低碳循环发展体系。

链接：<http://res.cenews.com.cn/hjw/news.html?aid=10461>

可回收物资源化技术现状及发展趋势

随着垃圾分类广泛施行以及人们对环境保护和可持续发展的重视，可回收物资源化利用变得越来越重要。可回收物资源化不仅可以减少因处置不当产生的不良环境影响，也带来了许多社会和经济效益。本文将综述典型可回收物资源化技术现状，并展望未来技术发展方向。

一、可回收物典型资源化技术

废塑料、废纺织、废玻璃、废纸和废金属五类可回收主要处理和资源化技术见表 1。其中废玻璃和废纸的资源技术已经形成较为完整的产业链，常规废金属通过重新冶炼也得到了较好的应用，稀有贵金属的回收利用成为关注的重点。高品质的废塑料通过再生造粒、高品质废纺织通过循环利用得到了较好的利用。因此低值废塑料和废纺织的资源化成为行业的关注重点。

表 1 不同品类资源化利用技术类型

品类	技术类型	现状	趋势
废塑料	<ul style="list-style-type: none"> 物理回收：制瓶片、再生造粒、压缩成型等； 化学回收：解聚、热解、气化、炼钢材料等； 能源回收：制 RDF、直接焚烧等 	<ul style="list-style-type: none"> 高值废塑料制瓶片、再生造粒、再加工是废塑料资源化利用的主流技术，有完整的产业链； 低值废塑料以直接焚烧或制成 RDF 	<ul style="list-style-type: none"> 中低值废塑料资源化利用：热解、制 RDF 等
废纺织	<ul style="list-style-type: none"> 物理回收：循环利用、无纺布、再纺织等； 化学回收：解聚制再生纤维； 能源回收：制 RDF、直接焚烧等 	<ul style="list-style-type: none"> 品质较好的废旧衣物循环利用以循环利用为主； 单一品类（纯涤纶、纯棉）进行化学回收； 混纺通过再加工制成再生布料 	<ul style="list-style-type: none"> 中低值废纺织资源化利用：制纤塑板、化学回收、制 RDF 等
废玻璃	<ul style="list-style-type: none"> 回炉再造、铸造用熔剂、转型利用、原料回收和重复利用 	<ul style="list-style-type: none"> 回炉熔融再造为主流技术 	<ul style="list-style-type: none"> 重复利用、原料回收
废纸	<ul style="list-style-type: none"> 废纸再生、制 RDF 	<ul style="list-style-type: none"> 高值废纸再生已形成较为成熟的产业链 	<ul style="list-style-type: none"> 低值废纸资源化：制 RDF
废金属	<ul style="list-style-type: none"> 拆解、火法冶金、湿法冶金 	<ul style="list-style-type: none"> 以火法冶金为主 	<ul style="list-style-type: none"> 稀有贵金属的回收利用

（一）废塑料资源化技术

低价值可回收物中的废塑料主要包括外卖餐盒以及快递包装材料等，其原料基本为聚烯烃类，主要包括聚丙烯（PP）、低密度聚乙烯（LDPE）、高密度聚乙烯（HDPE）、聚苯乙烯（PS）等。聚烯烃类废塑料 PP、PE 和 PS 占塑料制品总量的 92%，其中 PP 占 28%，LDPE 和 HDPE 占 46%，PS 占 18%。目前，废塑料的处理路径主要有三种：物理回收、化学回收和能源化利用（主要是焚烧）。

1. 废塑料物理回收技术

物理回收技术是指通过物理方式将废塑料进行回收利

技术前沿

用技术，主要是指废塑料的物理再生利用。根据后端回收的难易程度可以将废塑料分为 2 类：一是高附加值废塑料，如 PET（聚对苯二甲酸乙二醇酯），具有良好的化学稳定性和阻断性强的物理特点，可用于矿泉水瓶或饮料水瓶，经简单的清洗处置后可用于非食品包装或应用于纺织领域；二是低附加值废塑料，如 PP（聚丙烯）、PS（聚苯乙烯）等，具有耐高温的性能，常被用于制作外卖餐盒，以及 PE（聚乙烯），具有成本低廉、延展性能佳的特点，广泛应用于塑料包装袋。大部分餐盒以及塑料包装袋由于食物残留等原因导致回收利用价值下降，基本上被当作干垃圾处置。

将低附加值废塑料经过分类回收后进行清洗、分选、破碎等预处理，根据塑料品质高低再选择直接造粒或者添加辅料后改性再生。改性再生是先将废塑料与填充剂等辅料按照特定的比例混配，挤压后经由计量称加入到熔融装置中挤出，挤出后的改性塑料通过冷却水冷却后，然后进入切粒机造粒，最后生成改性再生塑料粒子。直接造粒的工艺流程与改性技术类似，但没有改性剂等相关辅料加入，一般只能再生为品质较低的塑料切片，其再生品物理化学性能都会受到较大影响，只能用于生产品质要求较低的塑料制品。

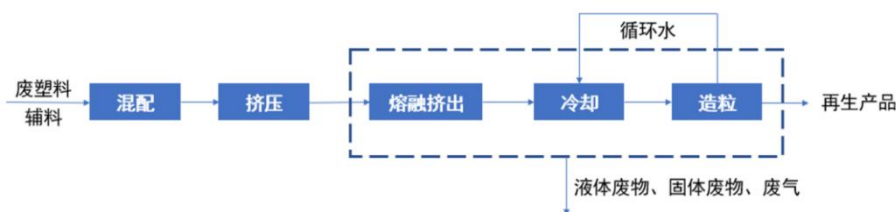


图 1 废塑料物理改性再生技术流程

物理回收再生处理主要面临的问题：一是混合废塑料组

分混杂，废塑料中往往存在杂质及多类添加剂，其回收再生工艺复杂，成本较高，且需要较为严格的分选工作；二是再生利用的循环次数有限，经历每个再生循环后塑料制品的性能均有较为显著的下降。目前，废塑料回收资源化企业主要采用的就是物理回收处理技术，但仍有上述关键问题需要得到妥善解决。

2. 废塑料化学回收技术

传统的废塑料物理回收需要增加复杂的预处理步骤，且由于洗脱油污产生大量废水，会给废塑料资源化项目带来巨大的环境压力，甚至无法顺利通过环评。化学回收则对原料的预处理要求不高，是实现废塑料资源化的重要途径。化学回收即以特定的溶剂、试剂或者高温高压等反应条件，通过（热）化学手段将废塑料转化为低分子量、高附加值的产物，如：燃油、单体或其他化工原料。废塑料化学回收主要途径包括热解、气化、水热及溶剂分解法等。

热塑性塑料根据聚合反应不同，分为加聚类塑料和缩聚类塑料。加聚类塑料，是小分子烯烃或烯炔的取代衍生物在加热和催化剂作用下通过加成反应形成的高分子聚合物，主要包括聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）等聚烯烃类塑料和聚苯乙烯（PS）、聚氯乙烯（PVC）等。缩聚类塑料是多官能团单体之间通过发生多次缩合反应，并放出水、醇、氨或氯化氢等低分子副产物后形成的高分子缩聚物，主要包括聚酰胺（PA）、聚对苯二甲酸乙二酯（PET）、聚碳酸酸（PC）、

聚氨酯（PU）等。加聚类塑料化学回收方法统称为裂解法，缩聚类塑料化学回收方法统称为解聚法。而低附加值废塑料主要包括 PP、PS 以及 PE 等加聚类塑料，因此重点关注化学回收方法中的裂解法，主要有热裂解、催化裂解以及加氢裂解三个方向。

（二）废织物资源化技术

废纺织按照材料主要分为聚酯类、棉类、混纺类等，目前，比较常见的处理方式主要包括以下四种：一是以二手服装的形式回收，该方式一般在经济发达地区较为普遍；二是直接填埋，目前是大部分废旧纺织品采用的方式，但其存在污染地下水源等问题；三是回收后再利用，回收再利用方法主要包括：能量法、机械法、物理法以及化学法等。目前纺织制品中消耗量最大的为棉纤维、涤纶纤维以及涤棉混纺纤维，对其进行资源化利用具有重要意义。

1. 废聚酯织物物理回收

物理法回收再利用聚酯的实质是再生造粒，该方法是目前工业处理废旧聚酯最广泛采用的，主要包括以下：冷相造粒法、熔融造粒法以及摩擦造粒法。

冷相造粒法是指冷相造粒法是指将废旧聚酯置于 258-260℃ 条件下，最终重新得到聚酯粒子的方法；熔融造粒主要包括三个步骤：废旧聚酯的制备、熔融塑化以及切粒包装；摩擦造粒的主要设备是摩擦造粒机，聚酯物料与盘间摩擦产生热量，当温度达到一定时废旧聚酯即塑化成条，此时

定盘和旋转盘都通入冷水进行冷却，已经成条的聚酯物料冷却后进入切碎机进行粉碎，由旋风分离以及筛选，符合要求的聚酯粒子进入料仓，不符合要求的粒子再重新返回进行再加工。

物理法具有工艺简单、投资少、处理成本低、易于推广的优点。近年来较具代表性的技术进展主要有德国 Gneuss 公司开发的多旋转超高比表面真空挤出机 (MRS) 技术和奥地利 Erema 公司开发的 VACUREMA 系统。

2. 废聚酯织物化学法回收利用

化学法回收利用的主要思路是利用缩聚反应的可逆性，通过将废旧聚酯解聚到单体或聚合中间体，经分离提纯后，可再缩聚为高品质的再生聚酯，对于高杂质含量的废旧聚酯纺织品的回收而言，采用化学法再生理论上占有绝对优势。同时，由于化学回收的多变性，在再生过程的同时，还可开发出多种具有更高附加值的产品，以实现废旧聚酯织物的高值化再利用。

聚酯织物的解聚方法及解聚产物可归纳为下图，其中水解 (Hydrolysis)，甲醇解 (Methanolysis)，乙二醇解 (Glycolysis) 三种方法的解聚产物分别为对苯二甲酸 (Terephthalic acid, TPA)，对苯二甲酸二甲酯 (Dimethyl terephthalate, DMT)，对苯二甲酸二乙二醇酯 (Bis(2-hydroxyethyl) terephthalate, BHET)，经提纯后可直接作为 PET 的合成原料，是目前化学回收 PET 研究的重点。

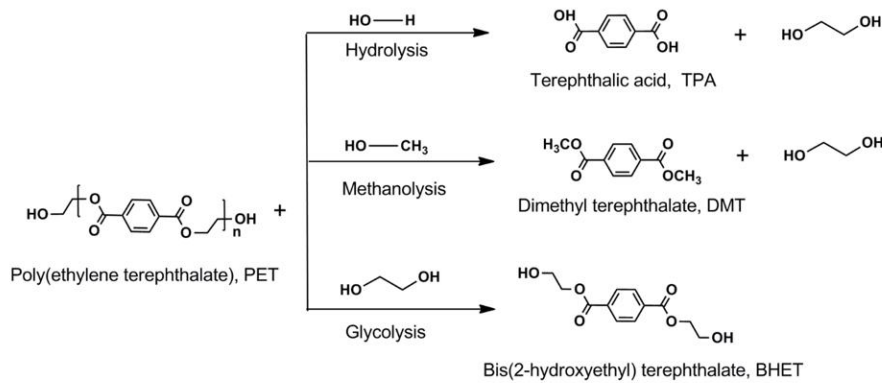


图 2 聚酯织物主要的解聚方法

热解法主要针对废旧合成纤维纺织品的高值化利用，通过热解将合成纤维转化为可燃性气体、汽油、柴油等有机小分子，废弃物利用率高，且产品为通用化工原料，因此也具有一定的循环利用特征。该法原料适应性较强，但裂解产物较杂乱，而且易出现催化失效等问题，整体上工艺复杂，产业化运营成本高，推广难。

3. 废棉织物机械法回收

机械法再利用废弃纺织类产品的本质是纤维还原，将纤维还原到初始状态，仅仅是改变了纤维的原始形态，几乎不破坏原本纤维的分子构成，因此，机械法是当下应用最广的废棉织物资源化方法。机械法再利用废弃纺织类产品步骤少、工艺简单、要求低，无需进行分离，所得纤维符合成纱标准，能够直接加工；废弃纺织类产品通过简单处理即可重回市场；亦或是将废弃纺织类产品加工成非织造产品。一些因款式过时或者是穿着不再合适而被丢弃的半新程度的纺织品，如若将其粉碎作为再生纤维难免在很大程度上有些浪费资源，对这部分废弃纺织类产品可以进行再改造或者是

再加工成为一款新的产品更加适合再利用。余下废弃纺织类产品的机械回收流程：预处理、成纤、纺纱以及成型。

4. 废棉织物化学法回收

对废棉织物的化学回收利用可以看作是将纯棉中的棉纤维进行溶解以及再生，制备成再生纤维素材料。黏胶纤维和 Lyocell 纤维是目前占比比较大的再生纤维素纤维。以废旧棉为原料，经蒸煮、漂白提纯过程制成浆粕，再经碱化、磺化等工序后溶解于稀碱中制成黏胶，Lyocell 纤维是将纤维素直接溶解在 NMMO 水溶液中再经纺丝而成的再生纤维素纤维。对废旧棉织的回收利用还可以通过对其纤维素大分子或纤维表面进行改性，接枝新元素，使纤维素分子结构发生变化，形成纤维素衍生物材料加以利用。然而化学法回收废旧棉仍处于初步阶段，需要更多的研究及发展来实现规模化。

5. 废涤棉混纺织物资源化技术

涤棉混纺织物是一种由涤纶和棉纤维混合纺纱织造的织物，即同一根纱线中既有棉纤维，又有涤纶纤维。涤纶的化学组成主要为聚对苯二甲酸乙二酯，简称聚酯。在聚酯分子链中，苯环和亚甲基比较稳定，结构中唯一能发生化学反应的基团是酯基，它的化学稳定性比较高。涤棉混纺织物是所有混纺织物中产量最高的，相应的，产生的废旧涤棉类织物也占比很高。因此对废旧涤棉混纺织物进行分离，各自回收利用，可以减少资源浪费，减缓生态环境压力。

(三) 废纸资源化技术

废纸按照来源可分为瓦楞纸箱、书刊杂志纸、旧报纸、纸箱厂的边角料、印刷厂的白纸切边、水泥袋、混合废纸及杂废纸等，废纸最主要的利用方式为再生造纸。废纸再生工艺主要包括破碎、除杂、筛分、配浆等流程。由于高值废纸再生的技术已经比较成熟，本文不做过多介绍。

(四) 废玻璃资源化技术

废玻璃的利用方式主要包括回炉再造、铸造用熔剂、转型利用、原料回收和重复利用，其中回炉再造为最常见的利用方式。废玻璃回炉再造前，往往要经过复杂的预处理工艺满足回炉再造要求后再进行熔融再生。废玻璃的预处理工艺主要包括除杂、筛分、分选、清洗和干燥。经预处理或回炉再造的玻璃可根据末端需求，用于玻璃制品、路面填料、建筑饰面材料、保温隔热材料、助熔剂等。

(五) 废金属资源化技术

进入生活垃圾收运体系的常见废金属有金属瓶罐（易拉罐、食品罐/桶）、金属厨具（菜刀、锅）、金属工具（刀片、指甲剪、螺丝刀）、金属制品（铁钉、铁皮、铝箔）等。废金属来源广泛，针对大宗废金属的资源化利用已基本形成了从回收、拆解、到再生利用的一条产业链，而生活源废金属的资源化利用关键在于前端的收集和分选环节，以满足现有

产业链的原料要求。

二、可回收物资源化技术发展趋势

（一）多元化与高值化利用成为重要趋势

随着科技的进步和环保意识的提高，可回收物的多元化和高值化利用受到越来越多的关注，而部分传统的资源化方式难以实现可回收物资源属性的充分利用。因此，综合考虑可回收物的资源属性及资源化产品需求，通过多元化方式最大程度实现可回收物的高值化利用，成为可回收物资源化的重要发展趋势。

（二）全生命周期低碳资源化技术成为重点发展方向

随着“双碳”成为国家战略，可回收物资源化碳排放成为行业关注重点，并且关注重点由原来的单一环节、单一技术的碳排放，逐渐调整为全过程、全生命周期的碳排放。因此过程能耗低、产品碳减排替代效益好的资源化技术将成为未来重要发展方向，如低值废塑料与废织物制纤塑板、低值废塑料热解制油等。

（来源：“固废观察”微信公众号）

广州市印发《广州市深化生活垃圾分类处理三年行动计划（2023—2025年）》

近日，市生活垃圾分类管理联席会议办公室印发《广州

市深化生活垃圾分类处理三年行动计划（2023-2025年）》（简称“《行动计划》”）。《行动计划》中明确，到2025年，我市生活垃圾焚烧设计处理能力达到3.3万吨/日，规模化生化设计处理能力达到6110吨/日。生活垃圾资源化利用率达到87%，农村生活垃圾资源化利用率超过60%；生活垃圾回收利用率达到43.5%，农村生活垃圾回收利用率超过35%。从完善制度体系、加强科学管理、深化源头减量与资源回收、推动习惯养成、坚持科技赋能、健全长效机制等6个方面，《行动计划》中细化了50项重点任务，明确了部门责任分工。

在完善制度体系方面，《行动计划》中明确在2023-2025年，要修订《广州市生活垃圾分类管理条例》、《广州市生活垃圾源头减量和分类奖励暂行办法》、《广州市生活垃圾分类处理工作考核暂行办法》、《广州市餐厨垃圾就近就地自行处置办法（试行）》、《广州市生活垃圾终端处理设施区域生态补偿办法》、《广州市生活垃圾终端处理设施运营监管办法》、《再生资源回收指导目录》、《居民家庭生活垃圾分类投放指南》、《重点场所生活垃圾分类工作指引》等8项政策文件和编制《生活垃圾分类投放点建设标准》、《生活垃圾收集站、转运站除臭设施配置指引》、《“两网融合”网点建设标准》、《广州市生活垃圾处理设施建设“十四五”专项规划》等4项标准规划文件。

在重点工作任务方面，《行动计划》中将每一项重点工

作任务都进行了量化，任务指标综合表如下：

任务指标综合表

任务序号	任务内容	量化指标	备注
	总体目标	2025年，生活垃圾焚烧设计处理能力达到3.3万吨/日；规模化生化设计处理能力达到6110吨/日；生活垃圾资源化利用率达到87%，农村生活垃圾资源化利用率超过60%；生活垃圾回收利用率达到43.5%，农村生活垃圾回收利用率超过35%。	
14	加强投放点管理	打造一批生活垃圾分类星级小区	
15	推进星级点建设	巩固提升3000个星级生活垃圾分类投放点	
23	持续开展“绿色低碳办公”专项行动	垃圾分类准确率保持在95%	
24	持续开展“限塑”专项行动	每年在生产、流通领域抽检塑料购物袋不少于25批次	
25	持续开展限制过度包装专项行动	每年在生产经营环节抽检不少于200批次的产品包装，其中生产环节不少于20批次，经营环节不少于180批次	
26	持续开展“绿色”快递专项行动	电商快件不再二次包装比例达到85%，免胶带纸箱应用比例提高到20%	
27	持续开展星级酒店减量专项行动	不主动提供一次性消费用品，百人“六小件”一次性用品使用率每年下降10%。每年创建10家生活垃圾分类样板星级酒店	
28	持续开展商业综合体和餐饮业生活垃圾源头减量专项行动	每年抽检不少于30家商业综合体和餐饮企业，打造5家商业综合体、11家餐饮企业作为生活垃圾分类样板单位	
29	持续开展医疗卫生机构专项行动	每年创建12家医疗卫生机构生活垃圾分类样板单位	
30	持续开展教育行业专项行动	组织生活垃圾分类管理和教学骨干培训每年不少于1000人次	
31	持续开展物业服务行业专项行动	每年对实施专业物业管理的住宅小区督促数量不低于总数的10%	
32	持续开展一般工业固体废物分流处理专项行动	每年开展专项执法行动不少于4次	
33	持续开展园林绿化垃圾资源化专项行动	公园景区绿化生活垃圾分类处理参与率达90%，资源化利用率达85%	
36	健全再生资源回收管理体系	规划建设一批再生资源集中分拣中心和集散场地，培育1-2个骨干回收处理一体化企业，除越秀区外，其他10个区因地制宜各建成或升级改造1个绿色分拣中	

政策文件解读

任务序号	任务内容	量化指标	备注
		心，原则上全市 11 区每个社区设置 1 个回收点，每个街道设置 1 个回收中转站。	
38	强化宣传发动	每年开展生活垃圾分类宣传活动覆盖不少于 1000 万人次	
48	健全执法检查机制	专项执法每年不少于 20 次，物业小区全覆盖执法每年不少于 4 次	

（来源：广州市城市管理技术研究中心供稿）

“无废园区”建设实施方案印发

为扎实推进我市“无废城市”建设试点工作，推动固体废物在园区内循环及协同利用，提升固体废物资源化利用水平，构建固体废物综合利用新发展格局，推动减污降碳协同增效，市“无废城市”建设工作小组办公室于 3 月 2 日印发了《广州市“无废园区”建设实施方案（试行）》（以下简称《实施方案》）。

《实施方案》以习近平生态文明思想为指导，贯彻新发展理念，推动一批工作基础好、减排潜力大的省级以上园区先行先试，率先开展“无废园区”建设，通过强化“源头—过程—末端”全链条处理，推动园区固体废物产生强度较快下降，形成工业固体废物监管闭环，有序推进广州市园区整体提升。

《实施方案》提出“无废园区”建设要求：一是近三年未发生重大环保安全事故、企业污染物达标排放、企业近三

年未涉及固体废物行政处罚、强制清洁生产审核企业 100% 完成、危险废物规范化管理抽查达标 90% 以上等 5 条入门条件；二是《广州市“无废园区”建设评价指标体系》，包含 7 大项共 27 个二级指标，总分 110 分，自评分值达 85 分以上的园区方可提出申请。

《实施方案》明确“无废园区”建设内容，包括体制机制建设、推进产业结构调整、打造绿色产业链、构建完善循环经济产业链、培育工业固体废物资源化利用产业链、开展工业固废分类收集贮存试点、强化全过程精细化管理、推动生活垃圾源头减量、推行绿色建筑、减污降碳协同增效、环境宣传和教育等 11 个方面的具体工作。

《实施方案》明确“无废园区”建设组织实施程序，包括确定园区名单、制定工作方案、开展“无废园区”建设、组织“无废园区”验收、做好“无废园区”建设总结等 5 个步骤，并提出加强组织领导、加强资金保障、强化科技支撑、抓好宣传引导等四大保障措施，确保全市“无废园区”建设工作规范有序推进。

“我们准确把握‘无废城市’建设节奏，按照先易后难的原则，组织开展‘无废细胞’建设，以点带面，充分发挥各类‘无废细胞’辐射带动和示范引领作用，进而进行更大单元的‘无废园区’建设，推动‘无废园区’在广州开花结果，最终实现‘无废城市’全域覆盖。”市“无废办”相关负责人对广州市“无废城市”建设的美好明天充满期待。

链接: http://sthjj.gz.gov.cn/gzdt/content/post_8842458.html

新型垃圾渗滤液全量化处理一体化高效反应器

一、技术及产品背景

目前国内仅存量垃圾中转站就数以万计（不含新建），对于垃圾渗滤液的处理，目前中转站普遍采用的是直排市政管网或者定期用槽罐车运至市政污水厂处理的惯常做法，随着环保标准及人民对居住环境要求的不断提高，这种做法已愈发难以适应当前的环保形势要求。

其次，个别环保公司基本是把较为成熟垃圾填埋场渗滤液处理技术或者其它行业废水处理工艺经微调后直接移植过来，但却忽略了垃圾中转站自身特殊性及相关渗滤液水质特点，存在严重的水土不服问题。

为切实消除垃圾中转站渗滤液这块阻碍城市发展的“顽疾”，实现城镇绿色可持续发展，水艺集团在对现有中转站渗滤液处理技术进行了充分调研，当前行业内普遍存在着如渗滤液处理系统建设占地面积偏大、处理成本高、管理复杂，以及普遍采用的纳滤和反渗透工艺会带来后续浓缩液处理

难，厌氧工序会产生甲烷类高危气体和硫化氢恶臭类气体等诸多技术问题。

基于以上调研结果，水艺环保集团开发出了一种有针对性处理生活垃圾中转站渗滤液且绿色环保安全的可替代技术方案及处理产品，以期能够切实解决中转站渗滤液全量化达标排放难、管理复杂等问题，助力国家实现双碳目标。

二、处理工艺流程

渗滤液先经粗细格栅除渣，进入隔油调节池，去除油污，调节水质水量。调节池内综合废水经泵提升，依次进入后续的水艺专利组合工艺、强化物化预处理单元，进一步去除悬浮物和油污，同时去除一定的有机污染物。

经物化强化预处理后的综合废水经泵提升至后续的、水艺研发的专利组合工艺改良 A/B(MBBR+高效微生物)-MBR 工艺。产品出水水质达到并优于《污水排入城镇下水道水质标准》（GB31962-2015）标准。

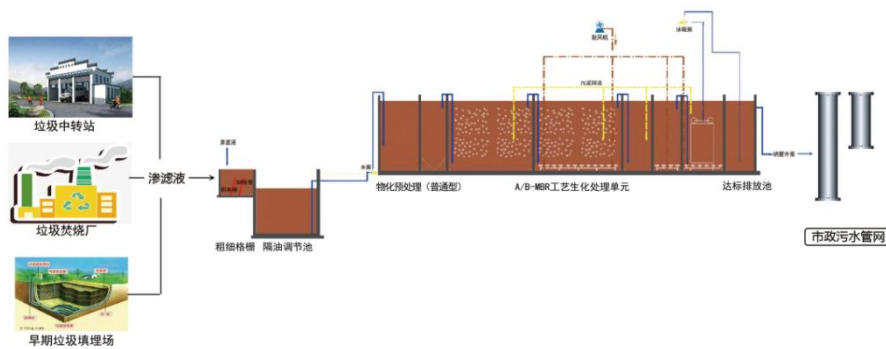


图 1 处理工艺流程

三、技术优势

(一) 没有 IC、UASB、厌氧池等厌氧工序，没有硫化

科技创新与应用

氢等有毒有害臭味气体和甲烷等可燃危险气体产生；

(二) 没有纳滤/反渗透/DTRO 等膜工艺单元，无浓缩液产生；

(三) 设备高度集成，施工周期短，占地面积小；

(四) 采取智能远程物联网管理技术,配合 PLC 触摸屏就地控制，可在手机及电脑上远程实时监控，操作简单，管理方便,全程自动控制。

(五) 抗冲击能力和适应能力强，噪声低，设备整体运行和出水水质达标稳定，投资省，经济效益明显。依照目前工程项目的实际经验，生活垃圾中转站渗滤液处理约 30~40 元/m³（药剂+电耗总费用，人工费用受各个地方因素影响太大，暂不计），与传统的生化+超滤+NF/RO 工艺实施相比，单位处理费用可节省约 50%；处理负荷能力可提高 30%~55%。

(六) 技术已经申请相关发明专利 1 件、实用新型专利 11 件和计算机软件著作权 4 项，制定企业标准 1 项。

四、应用案例

新型垃圾渗滤液全量化处理一体化高效反应器产品作为对中转站渗滤液传统处理系统的一种绿色安全环保有效替代产品，应用于垃圾中转站内包含渗滤液在内综合废水的就地收集、就地达标外排处理领域。

还可以作为对垃圾焚烧厂渗滤液传统 RO/纳滤处理系统

的一种绿色节能环保有效替代产品，应用于垃圾焚烧厂内包含渗滤液在内的综合废水的就地收集、就地直接或间接达标外排处理领域。

该技术和设备生产已较为成熟，并已初步实现设计和生产的标准化，在江浙地区已有 6 个成功的实际应用工程案例（最小处理量 5m³/d，最大处理量 40m³/d），并申请并通过了“2022 年度浙江省首台（套）装备认定”，设备入选了《浙江省首台（套）产品推广应用指导目录》并享受首台（套）保险补偿等推广应用政策。另外通过了“国家环保设备质量检验检测中心（浙江）”检验检测（报告编号：（2022）HBB00018）和宁波杭州湾新区经济和信息化局组织主持的“新产品新技术鉴定验收（甬经信鉴字[2022]107 号）”。

（一）宗汉垃圾中转西站渗滤液处理项目

项目地点：浙江慈溪

项目类型：中转站垃圾渗滤液

处理水量：5m³/d

处理工艺：物化+AB-MBR

设备类型：一体化成套设备

出水水质：《污水排入下水管道水质标准》
（GB/T31962-2015）

服务内容：设备提供、运维



图 2 宗汉垃圾中转西站渗滤液处理项目现场

(二) 高邮垃圾中转站渗滤液处理工程

项目地点：江苏高邮

项目类别：垃圾中转站渗滤液

处理水量规模：5—8m³/d（4 个站点）

设备类型：一体化成套设备

处理工艺：物化+AB-MBR

出水水质：《污水排入下水管道水质标准》

(GB/T31962-2015)

服务内容：设备提供、运维



图3 高邮垃圾中转站渗滤液处理工程现场

(三) 龙港垃圾渗滤液处理项目

项目地点：浙江温州

项目类型：中转站垃圾渗滤液

处理水量：40m³/d

处理工艺：物化+AB-MBR

设备类型：一体化成套设备

出水水质：《污水排入下水管道水质标准》

(GB/T31962-2015)

服务模式：设备提供、运维

(来源：水艺环保集团股份有限公司供稿)

惠州市市区垃圾渗滤液处理站提量改造工程

一、工程简介

惠州市市区垃圾填埋场位于惠城区龙丰街道马洞坑，该填埋场自 1992 年投入运行，目前已于 2019 年 10 月份停止填埋作业，存量垃圾约 600 万方，填埋场占地面积约 17.1 万平米。

原渗滤液处理站为 2010 年建造，采用工艺流程为“混凝沉淀+厌氧+SBR+MBR（一级 A/O）+反渗透（RO）”，处理规模为 200t/d，已于 2019 年停止运行。后续开始使用集装箱式 DTRO 装备对积存渗滤液进行应急处理，浓缩液回灌至填埋体，造成渗滤液原液水质恶化，电导率最高达 60000 μ S/cm，总氮和氨氮均超过 5000mg/L。

2020 年 3 月启动市区垃圾渗滤液处理站提量改造工程，采用“基于生物膜反应器（生物转盘）强化复合生物脱氮菌群的生物处理技术”，MBR 出水经两级 NF 出水到达《生活垃圾填埋场污染控制标准》GB16889—2008 表二标准排放至市政污水管网，纳滤浓缩液经耦合腐植酸提取工艺处理后，清液与纳滤产水混合达标排放，原水 1%左右的腐植酸水溶液经危废鉴定和第三方检测，满足农业行业标准《含腐植酸水溶肥料》NY1106 标准，可作为园林绿化肥使用。

二、技术优势

(一) 生物膜反应器技术优势

所需碳源少。当有机碳不足时，生物体仍能进行代谢保持活性，一定程度上解决了填埋场渗滤液碳源不足的问题。

节能效果好。经生物膜反应器筛选富集的复合菌群，其生存环境适应范围很广，DO 值 0.1-1mg/L（限氧曝气），曝气量低，装机容量相对较小；适合温度宽泛，在 6-43℃ 之间均可发挥作用，节省夏季冷却系统耗电量。

污泥量少，脱水性好，脱水污泥回收后可作为接种污泥保存。

(二) 生物膜反应器系统优势

系统有机负荷高、处理效率高；

系统碳氮比要求低，最低运行条件 BOD/TN=2；

系统高度集成、占地面积小、安装方便、易实现自动化控制；

系统无需附加除臭处理装置，且能很好的去除恶臭污染物质；

系统动力消耗和运行成本低；

系统运行适应温度范围较大；

耐酸碱和高盐；

污泥产生量小且可回收利用；

智能化在线监控。

(三) 耦合腐植酸资源提取和全量处理技术优势：

达到 NF 浓缩液的全量处理，且实现渗滤液处理全面出

水达标和污染控制；系统产水率 $\geq 95\%$ ，回收含腐植酸水溶肥料仅约 1%。

从浓缩液中分离提取腐植酸，可用作水溶性肥料的原料、送往附近垃圾焚烧厂协同焚烧处置和直接回至填埋堆体漫灌处置，实现资源回收利用。

浓缩液不再回流入渗滤液调节池，避免了无机盐在渗滤液处理系统中的累积，降低了膜处理系统的污染风险；

技术成套装备化，可连续自动运行，运行管理简便；

没有二次污染；

工程投资和运行费用低；

三、项目情况

提量改造工程自 2020 年 11 月启动运行以来，市区垃圾渗滤液原水电导率由 $50000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 逐渐降至约 $24000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，总氮和氨氮降至 $2000\text{-}3000\text{mg}/\text{L}$ ，原水水质持续好转，运营难度逐渐降低。

本案例适合封场后老龄生活垃圾填埋场，尤其是经过长时间 DTRO 应急后导致的高盐和高氨氮渗滤液处理工艺选用参考。

渗滤液处理设施概况如下：

调节池容积：3.3 万 m^3 ；

渗滤液处理工艺：生物膜反应器+两级 AO+MBR+NF

浓缩液处理工艺：耦合腐植酸资源提取和全量处理技术

渗滤液处理规模：600t/d;

浓缩液处理规模：120t/d。



图 1 调节池

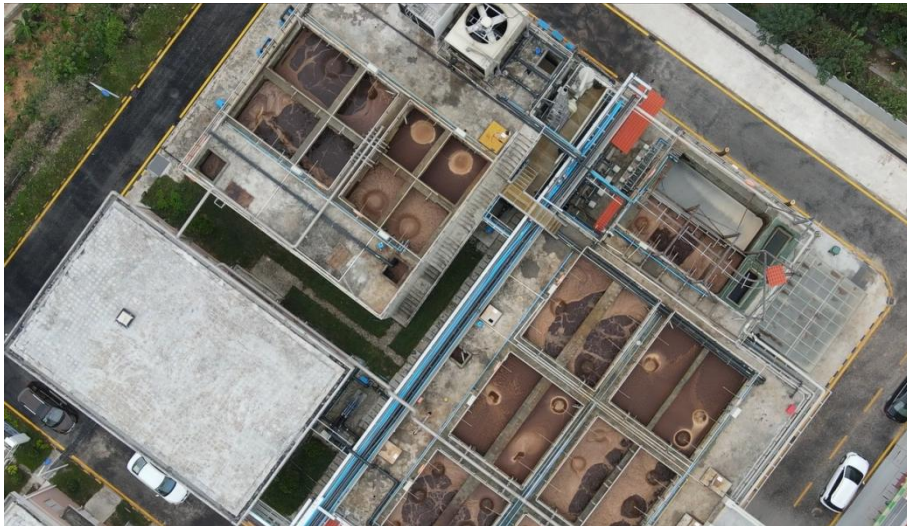


图 2 渗滤液处理设施



图 3 渗滤液处理设施



图 4 浓缩液处理设施

四、运行情况

处理工艺流程详见图 5、图 6。

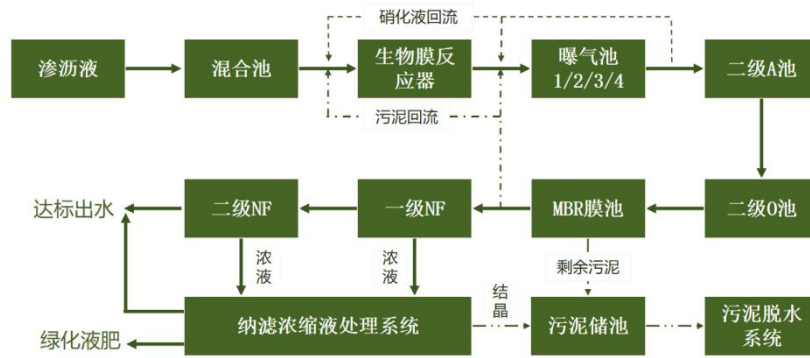


图 5 渗滤液处理工艺流程

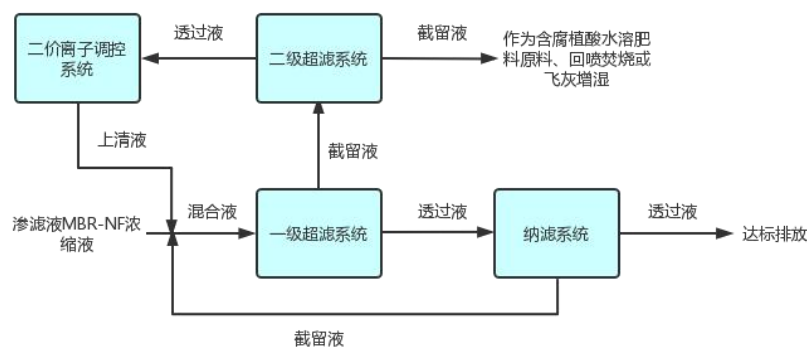


图 6 浓缩液处理工艺流程

惠州市市区垃圾渗滤液处理站提量改造工程项目出水稳定达《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB16889-2008）规定。

项目进出水的具体水质数据详见下表 1。

表 1 惠州市市区垃圾渗滤液处理站提量改造工程进出水水质（单位：mg/L）

监测项目	COD	BOD	NH ₃ -N	TN	SS	电导率 (μS/cm)
设计进水	10000~15000	4000~6000	≤ 3500	≤ 3800	1000	≤ 42000
实际进水	4000~12000	500~1000	2000~5800	2500~6000	200~900	20000~48000
MBR 出水	800~1200	≤ 50	≤ 10	30~80	< 5	—
实际出水	60~90	10~25	≤ 10	≤ 35	< 5	—
排放限值	100	30	25	40	30	—

自项目改造运营以来，调节池水质得到明显改善，处理

难度逐年降低，调节池水质变化趋势详见下图。



图 7 调节池水质变化趋势图

腐植酸水溶液经第三方检测：本项目中 NF 浓缩液经耦合腐植酸提取工艺提取的腐植酸水溶液不属于危险废物，其各项指标均达到农业行业标准《含腐植酸水溶肥料》（NY1106-2010）。

五、经济分析

渗滤液处理设施的经济指标详见表 2。

表 2 渗滤液处理设施经济指标

项目	成本
建设总成本	6000 万元
市场化运营服务费（不含折旧）	147.87 元/吨

注：1、若为政府方运营，实际运行成本不计算折旧，包括水电、药剂、人工、耗材、维修等费用；
2、若为委托第三方市场化运营，则需注明“实际运行成本”为“市场化运营服务费”，且说明是否包含设备、土建折旧费用。

(来源: 深圳市钰华朗环境科技有限公司供稿)

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4月19日

编审：李湛江 朱云

编辑：孙一鸣 电话：81073291