

智能垃圾桶系统设计与效能验证

文玉坪 杨洋 肖亚琴 阿英初 张李想 何凤林 梁静怡 郑丽红
西南财经大学天府学院 四川绵阳 610000

【摘要】智能垃圾桶基于人工智能与物联网技术，集成智能分拣、压缩及满溢预警等功能，通过多模态感知系统实现垃圾精准分类，并借助太阳能供电与智能能耗管理保障低温环境下的稳定运行，有效降低碳排放。同时，该文还契合国家“双碳”政策和智慧城市建设要求，通过碳积分激励与行为反馈机制提升公众参与度，逐步构建覆盖社区、校园与商圈的垃圾治理网络，推动城市环卫体系向智能化、低碳化转型。

【关键词】AI识别；智慧城市；垃圾分类；碳减排；可持续治理

Design and Efficiency Verification of Intelligent Garbage Can System

Wen Yuping Yang Yang Xiao Yaqin A Yingchu Zhang Li Xiang He Fenglin Liang Jingyi Zheng Lihong
Tianfu College, Southwest University of Finance and Economics, Mianyang, Sichuan 610000

【Abstract】The intelligent garbage bin is based on artificial intelligence and Internet of Things technology, integrating intelligent sorting, compression, and overflow warning functions. It achieves precise garbage classification through a multimodal perception system and uses solar power supply and intelligent energy management to ensure stable operation in low-temperature environments, effectively reducing carbon emissions. At the same time, this article also conforms to the national "dual carbon" policy and the requirements of smart city construction. Through carbon point incentives and behavioral feedback mechanisms, it aims to enhance public participation, gradually build a garbage management network covering communities, campuses, and commercial districts, and promote the transformation of urban sanitation systems towards intelligence and low-carbon.

【Key words】AI recognition; smart city; refuse classification; Carbon reduction; Sustainable governance

一、引言

在“双碳”目标驱动下，智慧城市治理范式发生转变背景下对传统固废分类设施效能滞后的研究，国家发布的《“十四五”城镇生活垃圾分类和处理设施发展规划》中要求到2025年实现城市垃圾回收率达到35%以上。但就现阶段来看，国内现有垃圾分类体系依旧存在较为严重的三大问题：居民自主分类准确性差、错误多、清运浪费大；缺乏居民参与，目

前很少的社区建立了积分体系；青年人口不断流失的问题。

为应对传统垃圾分类模式导致的资源浪费、成本高企与治理低效问题，研究引入人工智能、物联网等智能化技术，通过线上线下业务融合，实现了分类准确率大幅提升、清运成本显著下降，并量化了居民行为满意度，使试点社区参与度达到预期标准。该方案依托多模态感知、碳积分激励与动态调度三大创新，构建了数据驱动的决策体系，为城市固废治理提供了系统性解决方案^[1]。

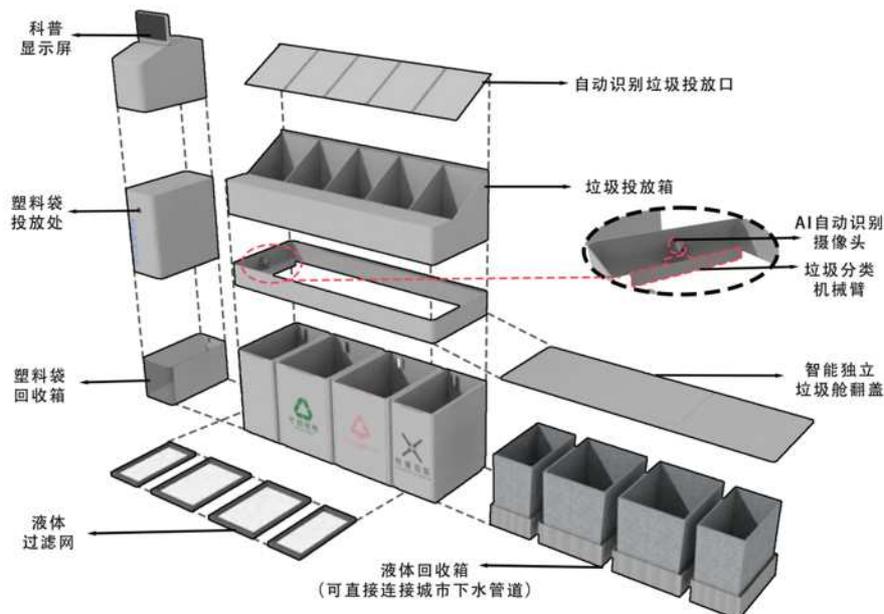


图1 垃圾桶模型爆炸图（图片来源于自制）

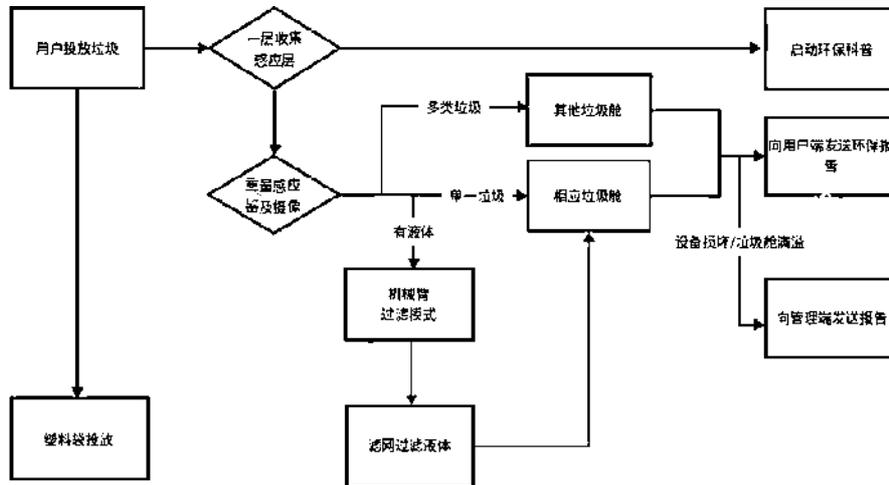


图2 垃圾桶全套工作流程示意图(图片来源于自制)

二、智能垃圾桶技术支持

(一) 国内外研究现状

在智慧城市治理中,国内外对智能垃圾桶的研究均聚焦于“智能化升级”,但侧重点有所不同。国内研究起步于基础感应功能,并围绕“无废城市”等本土政策,推动技术向物联网融合、芯片国产化与家居场景应用延伸^[2];而国外则更早将人工智能、云端管理等技术集成于城市级垃圾分类与管理,注重公共场景下的功能集成与系统优化。尽管技术路径与应用场景存在差异,但二者共同指向“设备智能化+管理精细化”的发展方向^[3]。

(二) 垃圾分类技术

本次研究利用多模态传感终端硬件架构和深度学习算法,来实现对垃圾精准分类,核心主要是由 AI 多模态视觉分拣系统、基于模型的多类垃圾实时识别,垃圾体积可压缩成原来体积的三分之一以及区块链碳积分平台构成^[4]。

技术优势为: AI 多模态突破传统瓶颈,分类准确率大提升,全流程数据驱动可回收物纯度提高,太阳能离网供电系统。下图是智能垃圾桶硬件结构图与工作过程^[5]。

(三) 居民行为与政策干预研究

社区级微循环系统的效能瓶颈在于不同的居民的行为习惯,如老人因为找不到标识而错投垃圾,年轻人嫌麻烦乱投、少投的现象比较突出;用政策给与政策引导,例如:“以奖代补”,通过政府补贴的形式推广智能化的生活垃圾分类收集中枢。此次借助 AI 语音纠错、积分奖励以及碳足迹可视化等手段,推动社会认可度提升;定量研究可知试点区域内覆盖率升高,投拆次数为降到最低^[6]。

三、智能垃圾桶技术优势

(一) 智能垃圾桶定位与核心价值

本研究旨在构建社区固废管理的“智慧前哨”,通过“边缘智能+云端大脑+低碳运行”的架构,融合 AI 视觉识别与机械臂分拣技术,实现垃圾自动分类,将分类准确率提升,

破解居民分类知识不足与行为动力欠缺的难题。同时,运用多传感器与数字孪生模型,精准统计垃圾量并实施动态调度,显著降低清运空驶率与运营成本。其价值体现于四方面:一是提升治理效能,打破“高投入、低效率”困局;二是以碳降碳,推动可回收物对接碳交易体系;三是构建智慧城市数据基础,依托行业平台构建固废管理大数据系统;四是营造美丽社区,实现治理为民的暖心目标。

(二) 软硬件系统架构与关键技术

智能终端硬件设备,采用模块化多舱体、各舱体间物理隔绝互不污染的智能垃圾桶硬件,可调节容量舱体的数量和各舱体的大小进行适当动态调整,核心系统包括以下模块:

(1) 智能分拣系统: 结合多模态传感阵列和边缘 AI 计算单元,并通过深度学习视觉引擎进行垃圾识别;同时运用高精度协作机械臂完成分类收集工作。



图3 垃圾桶模型正立面图(图片来源于自制)

(2) 动态容量监测与压缩系统: 关键舱体内置液压缩系统,结合超声波与红外融合传感技术,实时监测填充量,大幅提升单桶容量并触发精准预警。

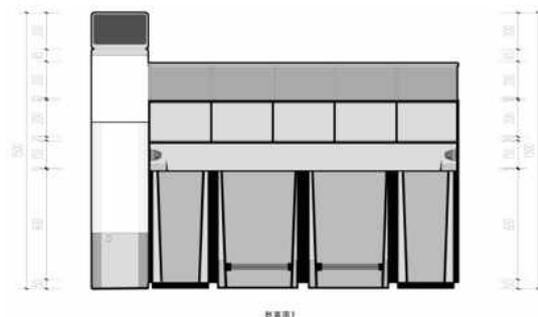


图4 垃圾桶模型剖面图(图片来源于自制)

(3)绿色能源系统:背部配备高效率单晶硅太阳能板,结合智能储能与功耗管理,满足设备全天候运行需求,显著降低碳排放。

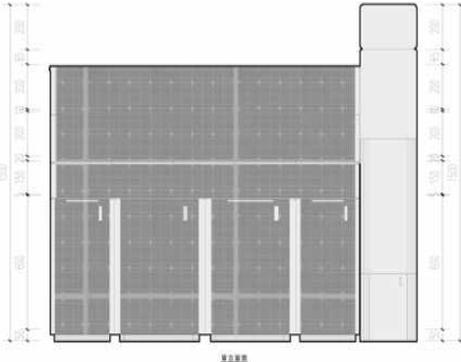


图5 垃圾桶模型背立面图(图片来源于自制)

(4)动态容量预测系统:利用多传感器融合的方法,实现未来垃圾桶满载概率的精准预测,并构建多级预警体系。

(5)数据可视化与决策支持:平台上有面向不同受众的各种信息数据看板,给政府提供碳账本、资源化率热力图,给社区管理人员提供设备健康地图,支撑科学决策。

(6)隐私安全与开放生态:采用联邦学习与差分隐私技术保护用户数据,同时通过API接口向再生企业等第三方开放数据服务,优化产业生态。

融合人工智能、物联网、区块链等新一代信息技术,具有“智能终端硬件+智慧软件平台+数据生态服务”三位一体核心竞争力;既是基于物联网的高性能智能分类投放设备,也是为支撑“无废城市”数字建设而打造的技术集成度高、场景适配性好、生态价值强、安全可靠性能优的城市固废管理现代化转型的数字化基础设施,可为城市建设与管理的整体数字化、智能化提供落地、可复制的整体解决方案。

四、智能垃圾桶综合价值

参考文献

- [1]王华杰,杨星圆,刘玉格,等.基于STC89C52的智能垃圾桶设计[J].山西电子技术,2025,(05):26-28+78.
- [2]杨智朝,徐亚芬.智能垃圾分类系统的研究与设计[J].机电工程技术,2025,54(18):130-135+172.
- [3]郑新禹.基于语音识别技术的智能垃圾桶设计[J].电子产品世界,2025,32(07):36-40.
- [4]毛小尹.基于单片机的垃圾桶状态监控系统设计[J].电子技术,2025,54(05):40-43.
- [5]崔梦琦,吕利.智能分类垃圾桶设计与实现[J].物联网技术,2025,15(09):152-156.
- [6]许楚芝.智能垃圾桶创新优化设计研究[J].科技资讯,2025,23(02):67-69.
- [7]杨志浩.绿色生态建筑设计策略研究[D].湖南工业大学,2017.

通讯作者:郑丽红(1994-9)女,汉族,四川宜宾人,硕士,讲师,研究方向:智慧城市规划建设;

一作:文玉坪(2003-7)女,汉族,四川宜宾人,本科,学生,研究方向:智慧城市规划。

课题名称:2025年四川省大学生创新训练计划项目“碳路计划,智投未来”——社区公共智能垃圾桶应用设计,课题编号:S202514037045。

本智能垃圾桶方案通过集成AI多模态感知、大数据决策与分布式能源三大技术,实现了垃圾分类精准度提升、运维成本降低、单台设备年减碳量显著成效。系统以“感知—决策—执行”全链路智能化推动分类效率与资源化效益双提升,可回收物纯度提高使再生收购价上涨,并借助动态调度使清运空驶率下降。

在经济效益上,设备具备规模化降本空间,依托人力节约、能源减耗、资源增值与碳交易收益形成多元盈利模式,突破传统环保项目“高投入、低回报”困境,为城市固废治理提供了技术可行、经济可持续且可复制的数字化解决方案。

五、结论

该智能垃圾桶系统能解决城市垃圾分类治理中三个问题:分类准确率低,清运资源浪费,行为引导低效,采取一整套软硬件结合的全套智能化解决方案,为全流程、全方位提供智能服务。其运用了红外摄像头自动识别、AI多模态分类及电子机械臂精准分拣,基于多模态传感器阵列能够完成垃圾的高精度识别和自动分拣,使垃圾分类的准确率升高;利用太阳能离网供电可以在极特殊场合保障长期稳定工作。软件上采用基于改进大数据分析模型的高效率识别方式,并通过联邦学习、预测算法等动态容量管理、清运路径的优化降低清运成本。并用区块链的碳积分机制形成“分类-回收-激励”的闭环,促进分类准确率提升。

另外,经过对各种技术方案对比,所选方案是技术可行性较强、经济效果较好、社会效果较为明显的方案。将前沿技术替代人工分拣、优化资源配置,有效缩短投资回收期;并且其本身就具有较好的收益能力;还可以改善社区环境、动员居民加入、推进“双碳”进程,也是城市固废治理由粗放到精细、由单一到全面的一种新思路,具有推广意义^[7]。