智能垃圾分类回收系统设计应用研究

余汉生[1]，陈瑶[2]
（1.广州美术学院，广州 510006；2.武汉理工大学，武汉 430070）

摘要：目的 探索城市生活垃圾分类回收处理的智能化、信息化设计与应用。**方法** 对比分析、研究国外垃圾分类回收处理的先进经验，根据我国国情、垃圾种类的特点以及人们的素质，提出以“制约”和“奖励”为理念，以设计为手段的城市生活垃圾分类回收系统。**结论** 只有解决好垃圾前端处理，才能从根本上解决垃圾无害化处理的问题。

关键词：智能垃圾分类回收；垃圾前端处理；工业设计；环保
中图分类号：TB472　**文献标识码：**A　**文章编号：**1001-3563(2018)18-0154-06
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.18.029

Design and Application of Intelligent Waste Sorting and Recycling System

YU Han-sheng[1], *CHEN Yao*[2]
(1.The Guangzhou Academy of Fine Arts, Guangzhou 510006, China;
2.Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the intelligent and information-based design and application of municipal domestic waste sorting and recycling. By comparative analysis and research of the advanced experience of waste sorting and recycling abroad, and based on China's national conditions, traits of waste types and the quality of people, the sorting and recycling system for municipal domestic waste with "restriction" and "reward" as the concept and design as the means was put forward. It is concluded that, only when the front-end processing of waste is properly solved can the harmless disposal of waste be solved fundamentally.

KEY WORDS: intelligent waste sorting and recycling; front-end process of waste; industrial design; environmental protection

我国垃圾围城的严峻局面在此无需赘述，无论什么原因，都必须面对这个现实。如果说以前经济发展是以牺牲环境作为代价，那么现在“亡羊补牢”为时不晚。中华人民共和国国家发展和改革委员会、中华人民共和国住房和城乡建设部《“十三五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》明确提出了投资估算：“‘十三五’期间全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设总投资约 2518 亿元。”《“十三五”全国城镇化生活垃圾无害化处理设施建设规划》的主要目标：“到 2020 年底，设市城市生活垃圾焚烧处理能力占无害化处理总能力的 50%以上，其中东部地区达到 60%以上[1]。”而《生活垃圾分类制度实施方案》中则明确：“2020 年底前，在以下重点城市的城区范围内先行实施生活垃圾强制分类。1. 直辖市、省会城市和计划单列市。……[2]”。可问题是“焚烧”和“强制”是否就是垃圾处理的最好方式？如果以焚烧为主，那么“循环再利用”又如何理解？特别是我国垃圾具有可燃性低的特点。“强制”作为一种手段对垃圾的分类制度能够起到一定作用，但如果没有相应的设施、设备又如何实现垃圾分类呢？由此可见，不仅需要政策、法规，同时还需要一定的技术手段来实现垃圾的分类处理。

1　国内城市生活垃圾分类回收处理概况

造成垃圾围城的严重局面究其原因是多方面的，多数人将其归结于我国经济建设和城市化进程飞速发展的结果，也有人认为是政府对垃圾处理资金投入不够、宣传教育不够，以及人们保护环境意识薄弱等[3]

收稿日期：2018-05-27
基金项目：广州美术学院科研项目研究成果
作者简介：余汉生（1960—），男，湖北人，硕士，广州美术学院副教授，主要研究方向为工业设计。

所造成的。当然上述原因是不争的事实，但是这里不得不说在垃圾处理的问题上，人们的观念存在着一些的误区，或者说是观念上的落后。如果说我国经济建设和城市化进程飞速发展是必然的趋势，那么一定规模的城市就必须有与之匹配的垃圾处理能力以及与之配套的资金[4]。这一点本身并没有什么问题，可是问题在于垃圾处理是一个整体的概念，实际上它应该分为“垃圾的管理”和“垃圾的处理”。垃圾的管理是观念和政策的体现，它决定了垃圾处理的方式和方法。而垃圾的分类收集、转运乃至垃圾的最终处理，则是具体实施的过程和技术手段。而现状是只重垃圾的末端处理，就是加大对垃圾填埋场、垃圾焚烧厂等的投入，对于前端垃圾的分类收集、转运重视不够，缺乏前端垃圾分类收集、转运的有效机制和具体实施的设备，这种落后的观念就直接造成了垃圾越多需要的垃圾处理厂越多，需要的资金就越多的恶性循环，甚至还导致了一些社会矛盾的产生。

不能说垃圾焚烧厂有什么不好，但是否就是垃圾处理的唯一方法？或者说是最好的方法？毕竟“生态环保”和“可持续发展”不是靠焚烧出来的。试想如果在前端处理得更好，是否意味着没有那么多垃圾可焚烧？毕竟垃圾的焚烧处理本身也是浪费资源。可为什么世界发达国家都是如此？也许垃圾的前端处理成本远大于它的价值，垃圾采用填埋或者焚烧是不得已而为之。如果这就是问题所在，那么研究一种简单、易行、低廉的垃圾前端分类收集处理方式，以及如何再循环利用的方式将具有重大意义。

2　国外城市生活垃圾分类回收处理概况

一些发达国家垃圾处理技术已有几十年的发展历史，已经探索出了很多先进的垃圾管理理念和技术。例如日本，除了良好的环保理念、完善的立法体系、高效健全的监管体制、完善的垃圾分类制度等共同特点外，还具有标准、严格、细致的具体措施，包括资源垃圾、可燃垃圾、不可燃垃圾、危险垃圾、塑料垃圾、金属垃圾和粗大垃圾等。垃圾从分类投放开始，到垃圾收集、转运、资源回收中心通过机械与人工分选，处理后的垃圾直至最后的处理。

美国、欧盟等国家在垃圾处理方面有着以及从源头减量、重复使用、再生循环利用等先进理念，建立了相对完备的生活垃圾分类、收集、转运、再综合的处理体系，由于生活垃圾分类收集和回收工作已经相当成熟，大大减少了需要处理垃圾数量。在选择垃圾处理的技术路线上也不尽相同，美国城市生活垃圾处理方法中填埋占 56%，回收占 30%，焚烧占 14%[5]。日本由于国土狭小，其生活垃圾处理 70%以上为焚烧[6]。新加坡、瑞士等人口密度较高的国家都采用以焚烧为主的处理方式，焚烧比例已接近或超过填埋法。

3　智能垃圾分类回收系统研究的背景

我国垃圾处理起步较晚[7]，目前还处于无害化处理的初期阶段，虽然也制定了一些法规条例，也有垃圾分类制度和垃圾分类收集箱，但是由于环保观念的落后，垃圾分类收集、转运和处理的技术手段严重滞后等，使得垃圾分类回收得不到有效落实，垃圾分类回收箱也形同虚设。其主要原因表现在两个方面。

首先，将“环保观念”简单地理解为公民意识，而提高公民意识仅仅就是靠宣传[8]，殊不知观念的形成是复杂的，观念与行为之间即包含着观念对行为的纯理论指导作用，还包含着对行为结果的价值评判，现实中垃圾混装收集、转运就是最直接的例证，它直接摧毁了人们对垃圾分类回收的价值观。

其次，垃圾分类回收是一个系统工程，从垃圾的产生开始，直至最终处理，中间每一个环节都需要考虑到人的行为与垃圾分类设施、设备之间的关系，其中任何一个环节出现问题都会导致整个系统的失败。这里尤为重要的是“人”的因素，它不仅包括年龄、性别、文化修养等，而且还包括“人”对设施、设备的认知、操作水平，因此垃圾分类回收的设施、设备在研发的时候必须充分考虑这些因素才能达到应有的效果。

4　智能垃圾分类回收系统设计思路

就垃圾处理的现状而言，世界各国并没有找到“理念”与“处理”之间的完美结合方式，包括发达国家，因此研究的就是要在“理念”与“处理”之间找到一种有效的形式，着重从前端解决垃圾分类回收处理的问题，最大限度地实现垃圾循环再利用，减少填埋场和焚烧厂的数量，从根本上解决垃圾无害化处理的问题。智能垃圾分类回收系统是根据中国国内的建筑环境、垃圾种类的特点和人们的素质等，以“制约”和“奖励”为理念，以操作的唯一性设计为处理手段，以及融合智能化、信息化、系统化的设计。

5　智能垃圾分类回收系统主要研究内容

智能垃圾分类回收系统由“智能垃圾分类回收卡”、“厨余垃圾处理机”、“生活垃圾桶”、“楼层垃圾分类收集箱”、“楼层垃圾分类收集车”、“小区垃圾分类收集站”和“垃圾分类转运车”共同构成一个完整的系统。

6　智能垃圾分类回收系统设计创新点

6.1　观念与意识

一些发达国家垃圾处理的先进观念与意识对发

展中国家有着示范作用，但是各国由于国情不同、生活习惯、文化素质等存在较大的差异，因此在学习和借鉴中难以获得满意的成效[9]。面对这样的问题，不能仅仅只靠宣传，当然宣传是必要的，也不能靠“等”，等待公众的观念、意识提高之后才为之。

6.2 智能化与信息化

在大数据、互联网、智能化高速发展的今天，垃圾的分类制度不应该只停留在原始的作用里，而应该体现“谁扔？扔了什么？扔了多少”等这样一些信息。这些信息数据的采集和分析不仅对企业的发展有着指导性的重要作用，而且对国家宏观政策的制定以及采取的管控措施同样起着数据支撑的重要作用。

6.3 以“控制”培养“意识”的垃圾分类回收方法

公众在垃圾投放的过程中如同操作自动售卖机，利用操作的“唯一性”与“智能化”结合、以设计或者设备对人的行为制约来弥补观念和意识的不足，从而保证垃圾分类回收能够实现。

6.4 商业化、人性化的策略

抓住人性的本能特点，以“制约”、“奖励”相结合的创新机制与商业化有机地结合起来，营造一个有利可图的、纯商业化的模式。

7 智能垃圾分类回收系统具体操作流程

7.1 “智能垃圾分类回收卡”

倒垃圾首先需要“刷卡”，即“智能垃圾分类回收卡”，根据多倒多收费的原则，不可回收垃圾需要收费，可回收垃圾按一定价格将所得计入卡内，相当于“卖废品”，体现“制约”和“奖励”的策略，见图 1。

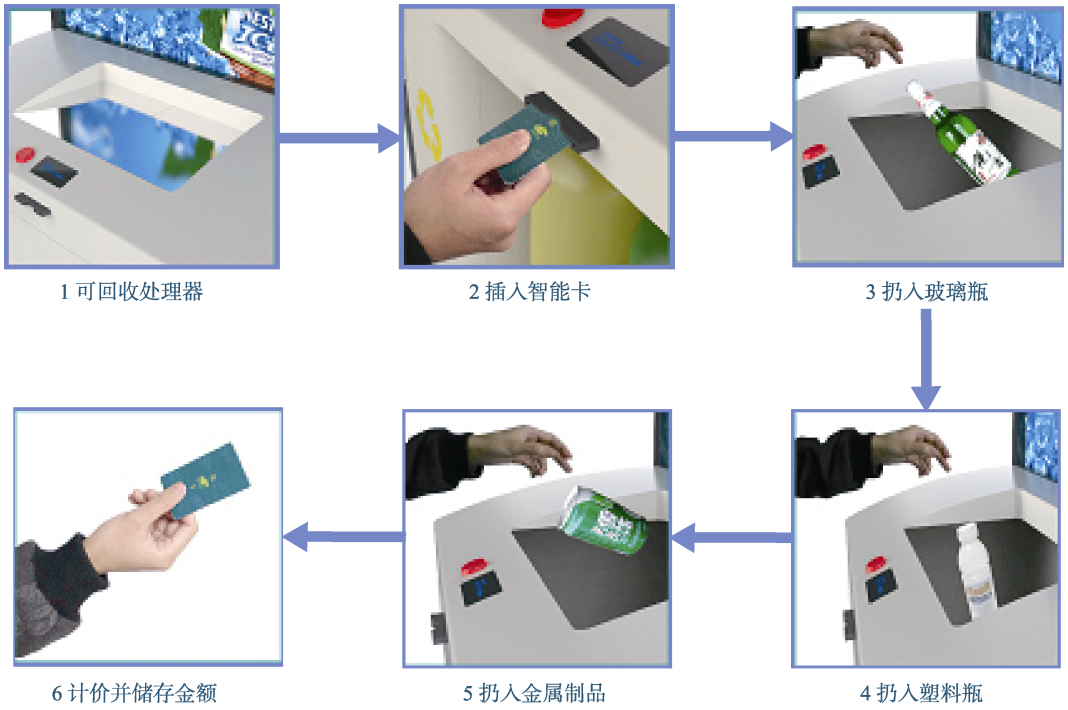

图 1 智能垃圾分类回收卡

Fig.1 Intelligent waste sorting and recycling card

7.2 “厨余垃圾处理机”

“厨余垃圾处理机”作为家庭厨余垃圾的初步处理设备，主要是对厨余垃圾进行粉碎、脱水，处理后的残渣被注入圆形桶内，即厨余垃圾桶，见图 2。

7.3 “生活垃圾桶”

“生活垃圾桶”形状为方形，作为家庭用作收集日常生活垃圾，如图 2。

7.4 “楼层垃圾分类收集箱”

“楼层垃圾分类收集箱”实际上是一个集智能化、信息化为一体的垃圾收集处理平台。设有读卡器、条形码扫描器、传感器等。能够记录谁扔的？什么垃圾？扔了多少等信息，如果你扔的东西有条形码，通过扫描就可按一定价格直接计入卡内。另外，对不同形状的垃圾桶和垃圾进行识别，如同电脑外接设备的园插和方插，由此保证了垃圾分类的有效实施，并对回收的垃圾进行压缩处理，特别是厨余垃圾经过粉碎、脱水后置入密闭的容器中或者可降解的纸袋中，由于垃圾处置在密闭的容器中，不会产生异味和滋生蚊子、苍蝇等造成二次污染，见图 3。

7.5 “楼层垃圾分类收集车”

“楼层垃圾分类收集车”是负责各楼层垃圾的分

类收集和维护工具，由于所有垃圾已经经过粉碎、压缩和打包，大量减少了垃圾的体量。厨余垃圾是通过抽吸的方式吸入楼层垃圾分类收集车的密封瓶中，因此在收集垃圾时不会造成任何污染，见图 4。

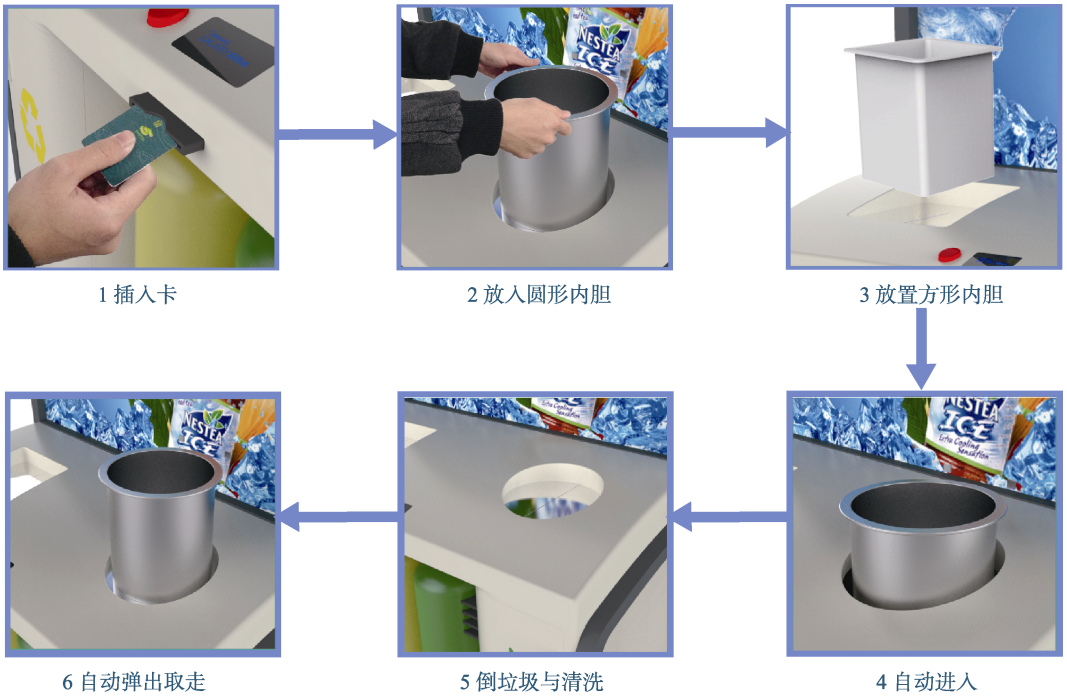

图 2　圆形厨余垃圾桶、方形生活垃圾桶与楼层垃圾分类收集箱对位方式

Fig.2 Positioning method for circular kitchen waste bin, square domestic waste bin and floor waste collection box

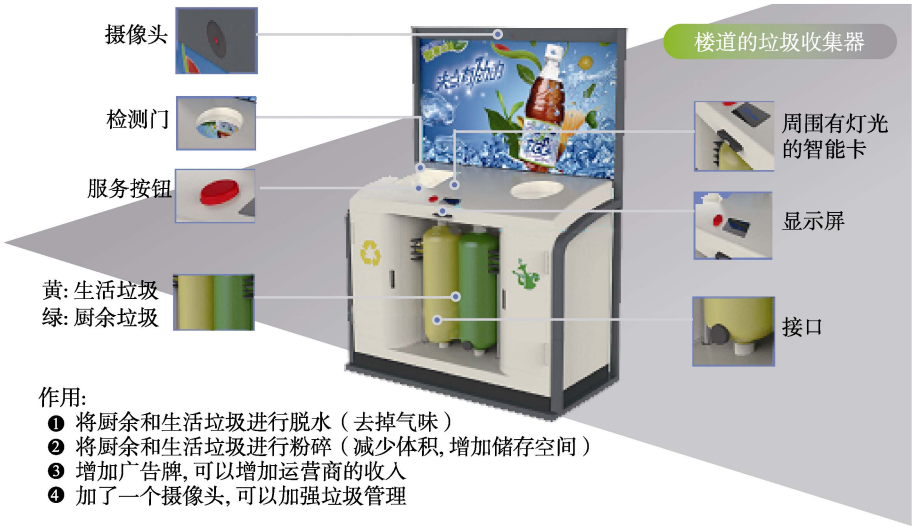

图 3　楼层垃圾分类收集箱

Fig.3 Floor waste sorting collection box

图 4　楼层垃圾分类收集车及工作过程

Fig.4 Floor waste sorting collection truck and its working process

7.6 “小区垃圾分类收集站”

“小区垃圾分类收集站”是小区垃圾分类集中的存放点，同样分为厨余垃圾收集站和生活垃圾分类收集站。所有小区垃圾分类收集站均为密闭式瓶或者箱体结构，如同集装箱便于运输，因此不会产生任何污染，即使遇暴雨水淹也不会造成任何污染，见图 5。

7.7 “垃圾分类转运车”

“垃圾分类转运车”负责将不同垃圾运至不同地点，其中厨余垃圾和生活垃圾转运车是密闭钢瓶式，如同油罐车一样，同样在转运过程中不会造成二次污染。

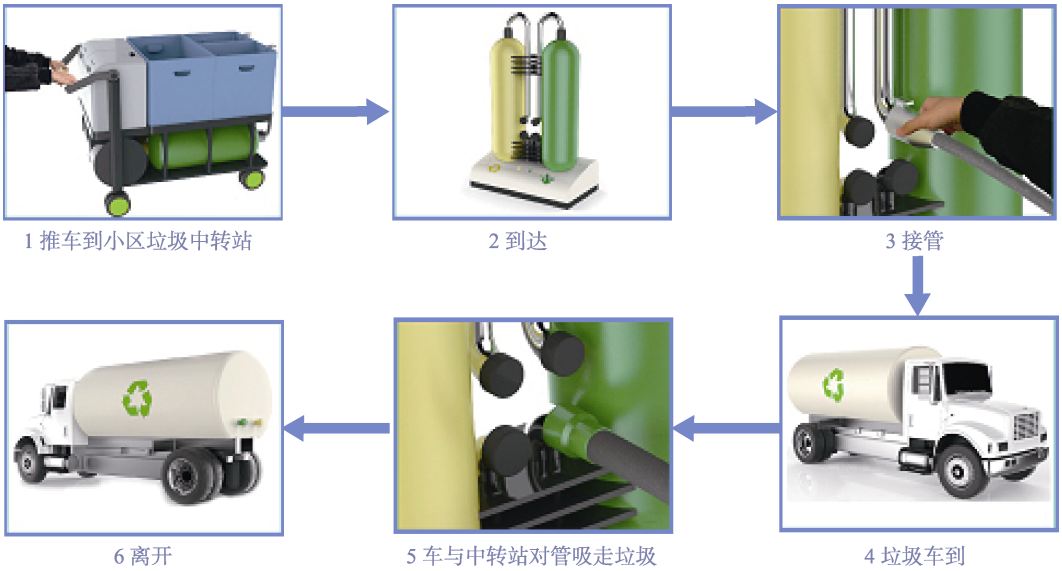

图 5 小区垃圾分类收集站及厨余垃圾转运车

Fig.5 District waste sorting collection station and kitchen waste transfer vehicle

8 智能垃圾分类回收系统应用前景

我国城市生活垃圾的性质和国外相比存在很大差异[10]，其主要特点是生物和厨房垃圾所占比例较高，经过智能垃圾分类回收系统对回收的垃圾挤压、脱水，不但极大地减少了垃圾的体积和质量，有助于降低转运成本和工人的劳动强度，提高工作效率，大量减少垃圾填埋场和焚烧厂，以及在垃圾收集、转运的过程中不会产生二次污染，同时经过分类处理的垃圾将还能得到充分循环再利用。

9 结语

城市生活垃圾处理既是社会问题也是技术问题，要解决好社会问题除了必要的法律法规外，还必须依靠具体可操作的技术手段来实现。城市生活垃圾处理应该将重点放在前端的处理上，只有前端处理好了，才能最大限度实现垃圾循环再利用，从根本上解决垃圾无害化处理的问题。

参考文献：

[1] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. “十三五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划[EB/OL]. http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201701/t20170122_836016.html, 2016.
National Development and Reform Commission. "13th Five-Year" National Urban Solid Waste Disposal Facilities Construction Plan[EB/OL]. http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201701/t20170122_836016.html, 2016.

[2] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 生活垃圾分类制度实施方案[EB/OL]. http://hzs.ndrc.gov.cn/newzwxx/201703/t20170331_842941.html, 2017.
National Development and Reform Commission. Implementation Plan of Classification System for Domestic Waste[EB/OL]. http://hzs.ndrc.gov.cn/newzwxx/201703/t20170331_842941.html, 2017.

[3] 李翠薇, 杨祖彬. 食品软包装生产过程环保性能及发展对策探讨[J]. 包装工程, 2011, 32(13): 112—116.
LI Cui-wei, YANG Zu-bin. Environmental Protection Performance of Food Soft Packaging Production Process and Its Development Countermeasure[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(13): 112—116.

[4] 郑明辉, 张兵. 台湾城市生活垃圾焚烧处理现状[J]. 环境科学研究, 2000(3): 24—25.
ZHENG Ming-hui, ZHANG Bing. The Development of Municipal Solid Waste Incineration in Taiwan[J]. Research of Environmental Sciences, 2000(3): 24—25.

[5] 张瑞久, 逢辰生. 美国城市生活垃圾处理现状与趋势[J]. 节能与环保, 2007(11): 11—13.
ZHANG Rui-jiu, FENG Chen-sheng. Status and Trends of Municipal Solid Waste Treatment in the United States[J]. Energy Conservation and Environment Protection, 2007(11): 11—13.

[6] 日本环境省. 一般废弃物处理实态调查结果[R]. 2016.
Ministry of the Enviroment of Japan. State of Discharge and Treatment of Solid Waste in FY[R]. 2016.

[7] 王建明. 城市固体废弃物管制政策的理论与实证研究[M]. 北京: 经济管理出版社, 2007.
WANG Jian-ming. Theoretical and Empirical Study on Municipal Solid Waste Control Policy[M]. Beijing: Economic Management Press, 2007.

[8] 王丰春, 田新珊, 蔡广宇. 城市垃圾处理方法综述[J]. 电力科技与环保, 2003, 19(1): 46—48.
WANG Feng-chun, TIAN Xin-shan, CAI Guang-yu. Review of Urban Waste Disposition[J]. Electric Power Technology and Environmental Protection, 2003, 19(1): 46—48.

[9] 李晓珊. 智能环保产品的功能设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38(6): 105—108.
LI Xiao-shan. Functional Design of Intelligent Products for Environmental Protections[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(6): 105—108.

[10] 周素文. 德国城市生活垃圾管理现状及启示[J]. 环境科技, 2011, 24(1): 23—26.
ZHOU Su-wen. Status and Inspiration of Municipal Solid Waste Management in Germany[J]. Environmental Science and Technology, 2011, 24(1): 23—26.