

# 新加坡固体废物收运系统

## Solid waste collection and transportation system in Singapore

■文 / 韩蕙 刘艳菊 余蔚青

位于东南亚的新加坡国土面积714.3平方公里,人口560.73万(2016年),人口密度高达每平方公里7850人。新加坡的固体废物产量多年来显著增加。送去处置的废物数量从1970年的每日1260吨增加到2016年的每日8559吨(这其中并不包括已回收利用的固体废物),基于有限的土地面积和人口密集的生活环境,高效的垃圾收集和处置系统显得至关重要。新加坡国家环境署(NEA)实施的一套先进的废物管理系统可以作为大中型城市市政管理的参考模式,本文将重点介绍其高效清洁的垃圾收运系统及以收运商为主体的垃圾分类回收模式。

### 一、新加坡固废管理体系概述

新加坡固废管理可分为公共固体废物收集系统(PWCS)及一般固废收集系统(GWCS)两大体系,分别针对一般居民以及工商业者。固废管理的全过程可分为三个责任主体的行为阶段,分别是个体行为、企业行为及政府行为。个体行为是指街区居民和普通工商业者对自己产生的垃圾进行整理、投放、申报并交纳垃圾清运费用,避免非法倾倒垃圾等行为。企业行为是指各垃圾收运商采用有效的手段收集居民及工商业者的各类垃圾,完成垃圾回收分拣和分类工作,运送至各末端处理设施并交纳垃圾处理处置费用。收运商也可以在获取特殊垃圾处理资格后,建设专业设施对工商业各类特殊垃圾进行处理处置。政府行为即指NEA对生活垃圾的末端处理处置及固废管理全过程的监管行为。在新加坡,生活垃圾末端处理5大设施及转运站均属国有,由政府工作人员进行管理,对垃圾收运商收取垃圾处理费,并通过价格机制引导调整垃圾物流。图1展示了新加坡固废管理体系的基本框架。

### 二、垃圾收运体系——公共固体废物收集系统(PWCS)

新加坡于1996年开放企业进入垃圾收集清运领域,NEA通过公开招标方式任命公共废物收运商,按照地理区域划分服务范围。拟竞标的公司需首先通过资格预审,中标后获得许可证,服务期限为7-8年,在此期间为各个部门提供固体废物和可回收物品收集服务。目前新加坡有四家PWCS运营商,各公司的服务条款并不完全一致,区域内居民可根据运营商公示的服务条款选择是否接受垃圾清运服务。

居民不必进行严格的生活垃圾分类工作,但至少要将普通生活垃圾、大件垃圾(家具、电器等)、绿化垃圾以及宠物尸体分类包装。其中生活垃圾通过与收运商签订服务协议每日清运,其他三种垃圾均有特殊的服务条款,如有清运需求需提前申请,在约定的时间和地点投放。将特殊垃圾混入普通生活垃圾投放将面临严格的处罚。

对生活垃圾的分类及回收由收运商完成,垃圾被分为可焚烧部分及不可焚烧部分,分别运至四大垃圾焚烧厂或由转运站运至实马高岛填埋场处置。可以说,PWCS的核心在于垃圾收运,分类及回收的主要工作均在这一阶段完成。

### 三、垃圾收运体系——一般固体废物收集系统(GWCS)

除了四家PWCS服务商,NEA还批准了一批一般废物收运商。GWCS主要服务于商业和工业场所。新加坡对工商业者的固体废物分类包括:

1.无机废物(包括建筑和装修垃圾、废弃家具、电器、木箱、托盘和其他需要处置的大件物品)以及可回收废物;

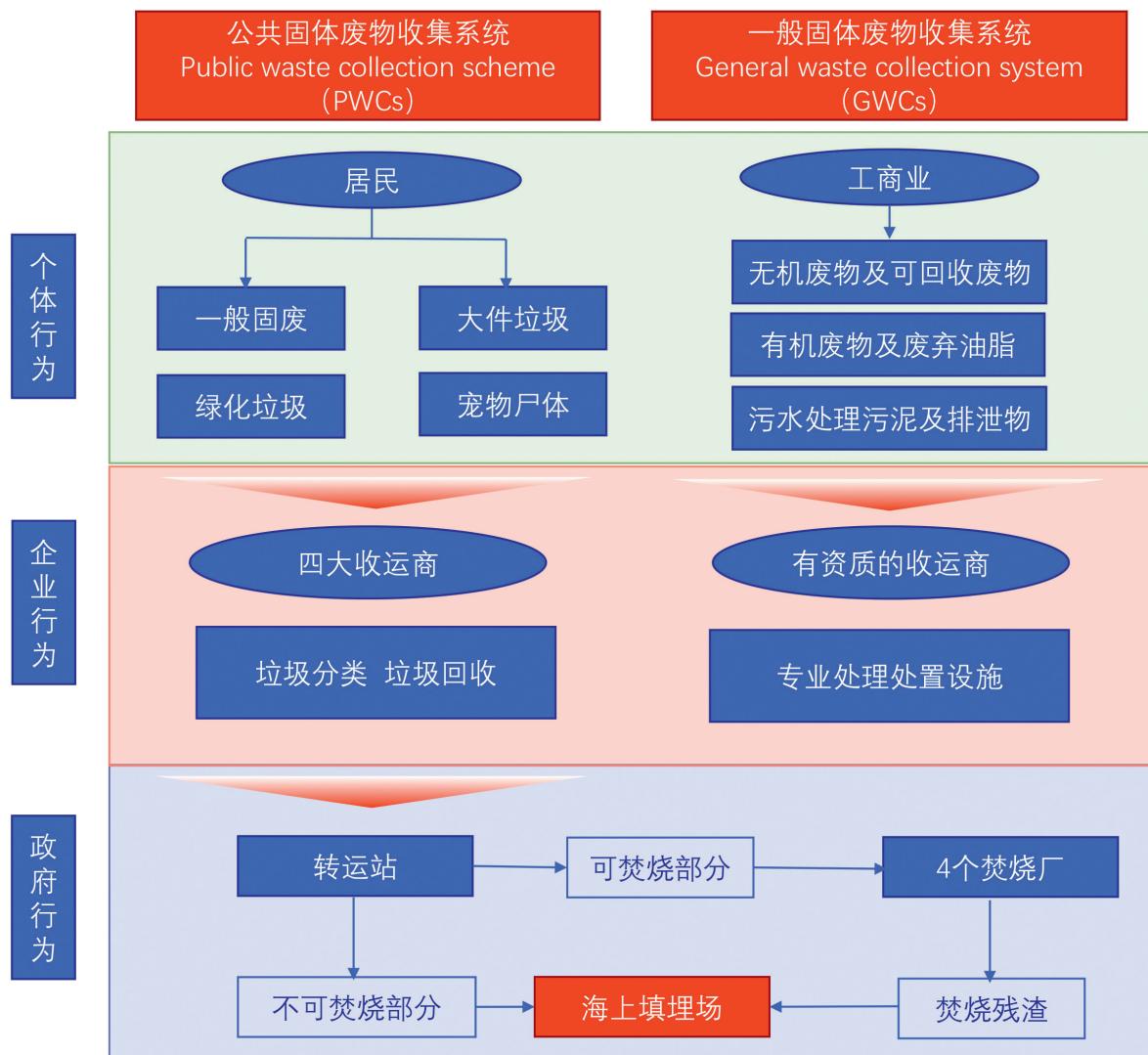


图1 新加坡固体废物管理体系

2. 有机废物（餐厨垃圾、废弃油脂等）；
3. 污泥、残渣（污水处理厂剩余污泥、化粪池、厕所清掏残渣、飞机船舶等运输器卫生间废物等）。

NEA及各GWCs运营商在其网站上列出各类废物收集清运的具体操作过程，以便工商业者选择服务。分类收集后的垃圾被运至专门的处理场所进行回收或处理，其中无机废物及有机废物可以在签订处理协议后运至国有垃圾焚烧厂及转运站进行处理。

相比于PWCs，GWCs市场开放性更大，收运商没有数量及地域限制，也允许企业投资建设特殊垃圾处理设施，如废弃油脂处理站等。但为了公共健康及环境保护，NEA自2017年8月起对GWCs处理设施

颁发执照，并从2018年8月1日起强制实行。

#### 四、垃圾分类与回收

目前新加坡每天产生垃圾约21000吨，其中60%被回收利用，处理处置量约每天8600吨，最终被运至实马高岛填埋场的焚烧残渣及不可焚烧物不足1000吨。如此惊人的减量减容效率完全依托于高效的垃圾回收及分类体系。

在中国大中城市，垃圾分类一直是制约固废处理的主要因素，多年来一直尝试在居民社区中实践垃圾分类然而收效甚微。新加坡同样面临这一问题，与日本等国家不同，其垃圾分类与回收的工作基本由垃圾

收运商完成。

NEA通过法律监管及处罚金对收运商垃圾分类回收效果进行管理。在新加坡,非法倾倒废物是一项很严重的违法行为,面临高额罚金甚至刑罚。在垃圾收运环节,通过非法倾倒处罚对居民行为及收运商进行管理,以确保100%的垃圾收运率。

另一方面,高达60%的垃圾回收率与新加坡垃圾清运付费机制有密切关系。新加坡实行垃圾收运付费制度,该收费方式非常高效。费用的定价分为固定费用及定期核定费用两种方式,对普通居民实施固定费用,每月约6新币,价格较低,且针对特殊人群可申请政府补贴;对工商业收费按垃圾产生量每半年核定一次,实行阶梯收费制以鼓励垃圾减量。各收运公司均委托新加坡能源有限公司向居民收取垃圾收运费用,和自来水、电力等费用一同收取,因此缴费率可达到近100%。这笔费用除收运费外,还包括垃圾处理处置费,由收运商代收并交缴纳至转运中心及各焚烧厂。各垃圾收运商的利润主要来自于回收垃圾,首先是最能提高回收率以降低支付给焚烧厂、转运站的末端处置费用,其次是对回收垃圾进一步分解利用,获得废物残余价值。在经济利益的驱动下,各收运商积极采用先进技术手段并加强人员管理,实现垃圾最大回收。

一般垃圾的分类工作也由收运商完成,在垃圾分拣中心通过半自动及人工分拣线完成分类和打包,送至各垃圾末端处理设施。新加坡的固废处理设施包括1个转运站(大士海洋转运站)、4个垃圾焚烧厂(大士焚烧厂、大士南焚烧厂、吉宝西格斯大士焚烧厂、圣诺哥焚烧厂)及1个海上填埋场(实马高岛填埋场)。收运商将分类后的垃圾运至大士海洋转运站及各焚烧厂,垃圾必须附上运单,上面注明类别和产生源头。各处理设施工作人员还将对垃圾进行检查,验证分类是否准确,如果将不适宜焚烧的垃圾混入焚烧垃圾类别,也将面临处罚。可以看出,新加坡垃圾分类及回收是通过明确责任主体,清晰企业职责,并通过法律监管及市场调节两种手段得以实现的。图2展示了新加坡垃圾回收及分类管理机制的基本框架。

## 五、技术支撑

新加坡各垃圾收运商都以提供高效清洁的服务作为竞标优势。除了有效的管理机制,收运系统中的各种技术优势也为工作提供了有力的支撑。以PWCs四大收运商之一的威立雅公司为例,该公司为新加坡两个地区约150万居民提供垃圾清运及回收服务,其先进技术主要体现在:

1.集成清运车。威立雅公司垃圾收运系统的核

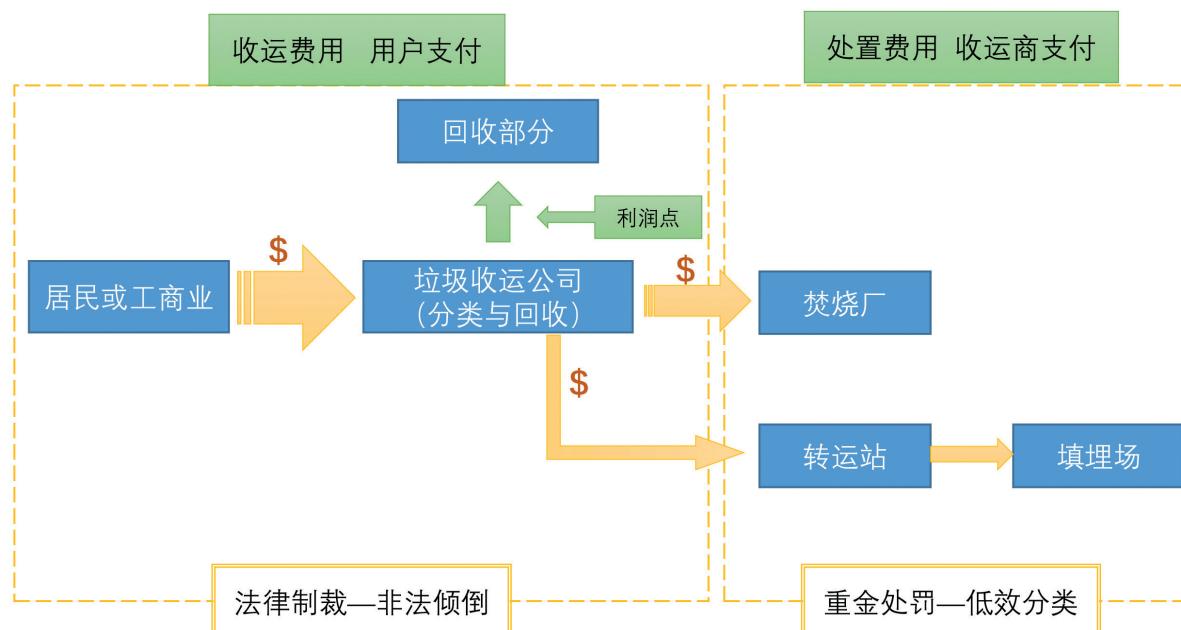


图2 新加坡垃圾回收及分类管理机制

心是一个庞大的垃圾清运车队 (Rear End Loaders and Hooklift Trucks)。他们为清运车制定了专门的标准以提高装载能力并减少对环境的影响。采用多项技术改进以优化操控性、安全性、密闭性有效减少废物遗撒及臭气的溢出。

2. 垃圾压实装载技术。新加坡居民每天将垃圾投入位于组屋底层的集中垃圾箱,由收运商清运。威立雅在集中垃圾箱处配置固定式全封闭压实机替代传统的移动式压实机,减少垃圾运输路径对环境的影响。在食品市场及餐厅等有机废物收集场所,采用专门针对有机废物的GOMIC垃圾压实机,使垃圾更加卫生地储存、压缩以增加存储空间,改善转移过程。

3. 基于大数据的路线优化。威立雅为每一辆清运车安装GPS定位系统,并随时统计更新各清运点垃圾量的变化情况,结合动态的交通信息优化清运路线,以减少车辆数量提高收运效率。

4. 垃圾跟踪技术。企业引入RFID (射频识别) 技术对清运的垃圾进行跟踪,最终进入末端处理设施的每一袋垃圾都可以查询到产生单位、时间及种类。这

种数字化的管理模式为垃圾分类准确性验证及回收率统计提供了数据支撑。同时因为能够了解追踪到每一袋垃圾的最终去向,最大程度上消除了违法倾倒。

此外,在集中组屋区及部分园区,最新的垃圾收集技术正在逐步试验应用。例如“气力运输系统”,即利用抽风机制造气流,通过埋设在地下的真空管道网络,将各个垃圾投放口投入的垃圾输送至垃圾收集站,实施气固分离,再经过压缩、过滤、净化、除臭等一系列处理,最后装车运输。这一技术在新加坡组屋社区的应用已较为成熟,通过地下管道将各组屋垃圾集中至社区中央垃圾站,并由自动化机械手压实装箱集中清运,减少垃圾在外环境中的暴露时间,并可有效降低垃圾遗撒及臭气外泄。

纵观新加坡固废收运体系,一个明显特征就是分工明确、责任清晰,个人、企业、政府都承担了独立的职责。在此基础上法律监管、经济引导及科技支撑也为清洁高效的收运工作提供全面的保障,其中很多手段技术都可以作为大中城市市政管理的标杆参考。■

**作者单位:**中国航空规划设计研究总院有限公司

