

第三章 固体废物的收集与运输

固体废物收集与运输,其实质是将固体废物产生源与处理、利用及处置设施相连接的物流组织过程。由于固体废物收集与运输的物流过程与商品生产、销售的“一次物流”过程方向相反,因此,也被称为社会的反向物流组织过程或“二次物流”过程。

固体废物收集与运输所遵循的基本物流组织原则是分类化,分类化的依据为:①产生源特征相异,收集与运输方式必须与之相适应;②固体废物性质相异,收集与运输的工具、管理要求等均需要按照固体废物的性质作不同的选择;③固体废物的处理途径相异,其物流组织路线必须独立设置。因此,不同类别的固体废物需采用不同的收集与运输方式、工具和配套管理要求。

目前,固体废物收集与运输的分类和固体废物管理分类基本一致。按危险废物、一般工业固体废物和生活垃圾分别形成了不同的收集与运输技术和管理办法。

作为物流组织体系,固体废物收集与运输系统的复杂程度主要取决于固体废物源的分布特征。生活垃圾的产生源分布最为广泛,其收集与运输系统也是最有代表性的二次物流组织体系;而危险废物和一般工业固体废物的收集运输相对比较简单,但也有一些不同于生活垃圾收集运输的管理与技术特征。

本章将以生活垃圾为主描述固体废物收集与运输系统的技术和管理方法。同时,另设专节分析危险废物和一般工业固体废物所涉及的特殊收集运输问题。

第一节 生活垃圾收集与运输技术

一、概述

收集、中转、运输和最终处置共同组成了一个完整的生活垃圾处理系统,其中的收集、中转、运输被称为生活垃圾的收运系统。生活垃圾的收运系统是整个垃圾处理系统中的重要环节,也是垃圾处理系统中耗资最大的环节,其费用通常占到整个垃圾处理系统的 60% ~ 80%。生活垃圾收运的原则是:在满足环境卫生要求的同时,收运费用最低;并考虑后续处理阶段衔接,使垃圾处理系统的总费用最低,这就要求要科学合理地选择收运的方式。

二、收集对象

生活垃圾收集对象按主要产生源类型进行分类,一般划分为以下几类。

① 居民生活垃圾,指从城市和村镇居民区收集的生活垃圾。其成分以餐厨垃圾为主,含水率较高。

② 商业服务业垃圾,指从各种商业服务业经营场所独立收集的生活垃圾。其组成与经营类别有关,一般综合百货、专业商场和旅馆的垃圾以纸张、塑料等包装类物品为主;副食品市场、大型超市则有较高比例的食品垃圾。此外,我国大中城市目前已基本实现了餐饮业(食品)垃圾的分流收集,小城镇餐饮业垃圾一般由业主自行回收利用。因此,餐饮垃圾通常不应该进入一般生活垃圾的收运系统之中。

③ 工交企业的生活垃圾,指工业和交通服务企业员工生活及为旅客服务产生的垃圾。其组成特征是可能混入一定比例的工厂保洁垃圾,金属、灰渣等无机物含量相对较高。

④ 事业与办公楼垃圾,指事业机关和商务区办公楼产生的垃圾。其组成中纸类等办公特征性组分的比例较高。

⑤ 清扫垃圾,指城市道路、广场和公共绿地的保洁产生的垃圾,包括街道废物箱垃圾和地面清扫垃圾。其成分中包装物和灰土较多,枯枝落叶则是季节性的高比例组分。

各种来源不同的生活垃圾,其产生空间的特征各不相同,应相应地设计不同的收集方式;同时,其组成亦有较大的差异,可以通过产生源分类收集,获得适用于不同处理工艺的物流,或分流污染物富集的垃圾,优化生活垃圾处理过程的污染控制与资源利用效率。

不同来源生活垃圾的产生量、构成比例与城市规模、产业类型、气候条件等有关。表 3-1 列出了上海市环境卫生管理部门调查的该市不同来源的生活垃圾产生量构成状况。一般而言,居民生活垃圾占生活垃圾产生量的比例最高,且其比例与城市规模成反比。

表 3-1 上海市不同来源的生活垃圾产生量构成状况

废物源	居民生活	商业服务业	工业企业	事业办公	清扫保洁
构成比例/%	65	15	8	5	7

三、收运过程构成

生活垃圾收集与运输,简称收运,通常包括以下 3 个阶段。

第一阶段是生活垃圾的收集,指从垃圾产生源到收集(临时贮存)设施的过

程,包括产生者的搬运与收集设施中的临时贮存。收集是生活垃圾收运物流组织中最基础的步骤,完成了生活垃圾由面至点的一级物流集中过程。

第二阶段是生活垃圾的清运,指从收集设施至转运站或就近处理处置场的垃圾近距离运输过程,包括清运车辆沿一定的路线装运并清除沿程收集设施中贮存的垃圾,再行驶运输至转运站或处理处置场。清运的路线构成了生活垃圾收运物流组织中的主要网络架构,清运完成了生活垃圾从大量分散点到若干集中点的二级物流集中过程。

第三阶段是生活垃圾的转运,指垃圾从转运站至处理处置场的运输过程。一般具有远距离运输的特征,由在转运站的垃圾转载(至大容量转运车)及转运车运输至处理处置场的环节构成。转运属生活垃圾三级物流集中过程,主要功能是利用大容量运输的经济性,节省生活垃圾物流运输成本。

四、收运模式分类

生活垃圾收运模式指的是区分生活垃圾收集与运输实施方式的总体性特征。生活垃圾收运模式主要可按分类收集和转运运输的特征进行归类,即按收集时的分类特征,分为分类收集和混合收集两类;按运输过程的转运特征,分为转运和直运两类。

五、生活垃圾的分类收集

世界各地现行的生活垃圾收集,可分为混合收集和分类收集两种类型。其中混合收集指收集未经任何处理的原生生活垃圾的收集方式,这种方式应用历史长,简单易行,收集费用低。但是,在混合收集过程中,各种废物组分相互混杂、黏结,降低了生活垃圾中有用物质的纯度和再利用价值;同时,增加了生活垃圾处理工艺的难度,相应地提高了处理费用。

从 20 世纪 60 年代开始,由于资源和能源的紧缺,人们对生活垃圾的认识有所转变,生活垃圾开始被视为可以综合利用的原料,资源回收和能源利用成为生活垃圾处理的目标之一。许多发达国家开始研究和实施生活垃圾资源利用。采取适宜的收集方法,直接分类回收生活垃圾中的有用物品;或通过优化垃圾物流组成,借助堆肥化、厌氧消化、焚烧等各类工艺,将生活垃圾转化成肥料和能源,达到固体废物资源化的目的。

分类收集是指按生活垃圾物理组分分别进行收集的方法。推行垃圾分类收集,可从源头改变垃圾的组成,回收废品资源,并优化生活垃圾处理过程。许多发达国家都已实施垃圾的分类收集,不仅回收了大量的资源,而且还减少了垃圾运输和处理费用,降低了生活垃圾处理成本。

根据我国生活垃圾的管理现状,从垃圾组成状况和处理要求出发,一般可将

生活垃圾分为 5 个类组。

1. 材料垃圾组

垃圾中的一些组分,从某一环节来看已构成废物,而从另一环节来说,它们还可以作原材料利用,如磁性或非磁性金属、废纸、橡胶、塑料、玻璃等,这类垃圾成分具有很大的资源利用价值。

2. 有机垃圾组

在我国有机垃圾特指的是易腐性生物质垃圾,不包括塑料、橡胶等有机合成化合物。该组垃圾主要是家庭厨房垃圾(如果皮、菜叶、菜根、剩饭剩菜等),也包括品质较低、难以作为原材料利用的废纸、纤维等组分,具有分散、量大、处理困难、易污染环境等特点。对其进行集分类处理,不仅减少了生活垃圾污染,而且使之与其他垃圾成分分离,改善了垃圾分类效果,有利于生活垃圾的处理和利用。

3. 无机垃圾组

无机垃圾主要有炉灰渣、砖瓦、陶瓷等。由于我国大多数城市,特别是中小城市能源消费结构仍以煤为主,加之居住、生活习惯等不可避免地会排放大量无机垃圾。此类垃圾适合进入填埋场处置。

4. 有毒有害垃圾组

这类垃圾包括废旧电池、废荧光灯管、杀虫剂容器、水银温度计、废油漆、化妆品、过期药物,以及废电视机、电话、电脑等废旧电器组成的电子垃圾,其对环境的潜在危害很大。

5. 大件垃圾组

这类垃圾主要是一些废旧家具等,可利用厂家以旧换新或“跳蚤市场”收集交换来处理。

目前,为了便于分类收集的实施,部分城市也鼓励采用“干湿分离”的分类方式,即将生活垃圾分为 3 大类:湿垃圾、干垃圾和有毒有害垃圾。湿垃圾是指家庭日常生活产生的餐厨垃圾,如果皮、菜皮、剩饭、剩菜等;干垃圾是指除餐厨垃圾和有毒有害垃圾以外的所有日常垃圾,包括可回收物;有毒有害垃圾与上述分类定义相同。

作为实现“资源化、减量化、无害化”目标的必由之路,与混合收集相比较,分类收集具有极大的优越性。

首先,垃圾混合收集虽然操作简便,但是它浪费了大量的资源,造成垃圾处理总量的增加,并且其中存在的有毒有害垃圾对环境的污染长期存在,使得可回收物的经济效益下降,处理费用最大。

其次,混合收集不利于处理技术的优化,使处理过程对生态环境的破坏加大,经济上不合理,社会效益也相应低下。

生活垃圾的分类收集,一方面实现了可回收物料最大限度的回收利用,垃圾的清运及处置费用大幅减少,垃圾经分类后,避免了对混合垃圾进行分选所产生的费用,使得经济效益最大化;另一方面,垃圾通过分类收集分流后,处理量减少,处理效果改善,对周边区域的生态环境影响程度减轻。可回收物作为再生资源进入生产、生活领域后,也减缓了人们对生物资源及能源的索取,减少了对其他资源的消耗,对生态环境的次生影响最小,从而可望实现生态环境效益、经济效益和社会效益的和谐统一。

但是,各国生活垃圾分类收集的实践表明,实现垃圾的分类收集是一个相当复杂、艰难的工作,要在有相当的技术准备的前提下,依靠有效的宣传教育、立法,以及提供必要的垃圾分类收集、分类运输、分类处理设施,积极鼓励居民主动将垃圾分类投放,才能使生活垃圾分类收集的实施坚持下去。

第二节 生活垃圾收集方法

一、生活垃圾收集的功能与基本问题

生活垃圾产生于城乡居民的生活活动中,具有产生源分散、成分复杂的特点。生活垃圾收集的功能是指有目的地将各类产生源的垃圾,按一定程序和方式收集起来,以便进行运输、处理或完成其他后续工序的过程。

对物流组织环节的功能优化和对生活垃圾收集阶段污染释放的控制,是生活垃圾收集的基本问题。

物流组织功能优化主要涉及:①产生者投放垃圾的便利性;②清运车辆装载垃圾的便利性;③干预垃圾物流组成,优化后续处理与利用。

污染释放控制主要涉及收集地点的环境卫生条件保护,具体为控制臭气与渗滤液的释放及有害昆虫的滋生。

生活垃圾收集方法设计与技术发展的核心,正是在于寻求解决这些基本问题的最适宜方案。

二、生活垃圾的收集方法

(一) 生活垃圾收集容器

构成生活垃圾收集方法的最基本要素是为产生者提供垃圾投放及清运前暂时贮存的适当空间,提供这种投放和贮存空间的垃圾收集装置就是收集容器。

收集容器的主要分类特征为可移动性、密闭性和容积。

收集容器选择的主要依据是环境卫生影响、产生者投放便利性、清运衔接特性和成本。

常见的生活垃圾收集容器及其应用特性如下。

1. 移动式容器

常用容器的容量为 $0.2\sim1.0\text{ m}^3$,桶形或箱形,底部多带有脚轮;由塑料或钢铁材质制成,材质选择与容量有关,小于 0.5 m^3 多为硬质塑料,接近 1.0 m^3 则多为金属。

此类容器便于短距移动,放置位置灵活,便于在各种类型的聚居区域应用,控制合理的收集服务距离;具有防雨盖,但不能闭气且不能防蚊蝇滋生;容量较大的移动式容器一般设挂钩或翻边,便于机械化清运装载。

2. 集装箱式容器

集装箱式容器属大型化的生活垃圾收集容器,容积一般在 3 m^3 以上,多为金属制成。由于容量大又不易移动,一般在垃圾产生密度较大、投放位置较为集中的产生源应用,如商业和办公楼宇或与高层居住公寓的垃圾管道配套等。集装箱式容器大多与带有专门装载装置的清运车配套应用,以解决清运装卸衔接问题。

普通集装箱式容器的密闭性能与移动式容器相似。有一类自带压缩装置的集装箱式容器,则基本可以达到气密与防蚊蝇孳生的水平。

3. 固定式容器

固定式容器一般为砖混结构的土建构筑物,目前主要是在小城镇和乡村应用,有敞口和带顶盖两种基本形式。

固定式容器没有密闭功能,甚至可能流出渗滤液,也无法实现机械清运。但是,其建造和维护费用均较低廉。

4. 塑料袋式容器

用于公共垃圾收集的塑料袋与一般家用垃圾袋比较,主要的区别在于容量和坚固性,通常与固定的挂袋架配套使用。其使用特性与移动式容器相似,具有一次性使用和廉价的特征,清洁度较高,且可以增加清运频次,有利于达到减少环境卫生影响的目的。另外,其比较透明的外观特点,有助于保证生活垃圾投放点的公共安全。

(二) 生活垃圾收集作业方法

生活垃圾收集作业方法主要指的是收集的制度,一般按收集位置和时间特征进行定义。

1. 定点收集

包括露天垃圾容器点收集、垃圾容器间收集和垃圾集装箱收集。

(1) 露天垃圾容器点收集:通过定点放置桶装容器,即可形成露天垃圾收集点。露天垃圾收集点一般设置在住宅区居民进出道路的两侧,位于生活垃圾收集车必须经过的道路附近,收集点场地一般为水泥地面,四周设置有排水沟。这

种方式主要存在于市郊村镇的居民住宅区,其特点是收集点设置的垃圾容器数量较少,对垃圾桶密封要求高。露天桶装垃圾收集点一般由负责道路清扫的清洁工人或由指定的兼职人员负责管理。

生活垃圾由居民装袋后放置于露天垃圾收集点的垃圾桶内,保洁员按指定时间将垃圾桶送至路边的垃圾车收集点,然后由垃圾车运往垃圾处理场。

(2) 垃圾容器间收集:这是一种以垃圾容器间为基本设施的半密闭化生活垃圾收集体系,多见于多层住宅区和低层住宅区。生活垃圾装袋后由居民放置于垃圾容器间的垃圾桶内,保洁员按指定时间将垃圾桶送至路边的垃圾车装车点,然后由垃圾车运往垃圾处理场。

在多层住宅区,垃圾容器间一般设置在一楼,由门卫或专职清洁工人负责管理。在低层住宅区,垃圾容器间一般设置在室内停车场或住宅楼内,也有在露天停车场附近单独建设的,由负责公共卫生的专职清洁工人负责管理。

(3) 垃圾集装箱收集:这是一种以垃圾集装箱为基本设备的垃圾收集体系,垃圾集装箱设置于住宅区广场、商业区广场和企事业单位内。生活垃圾袋装后直接送入垃圾集装箱内,垃圾满容后,由集装箱调运车运往垃圾转运站或垃圾处理场。

垃圾集装箱根据用途和容量要求不同有多种类型,最常用的为普通垃圾集装箱和挤压式垃圾集装箱。

① 普通垃圾集装箱容积一般为 $5\sim20\text{ m}^3$,可根据各地点不同的垃圾量和不同类型的运输车,设置不同容积和不同形状的垃圾集装箱。垃圾满容后,由起重机吊装式垃圾车或双臂吊装式垃圾车运往垃圾处理场或垃圾转运站。由于普通垃圾集装箱容积小,未配备垃圾压缩装置,一般运距应小于15 km。当多个普通垃圾集装箱设置于相近的地点时,也可配备移动式生活垃圾压缩设备。

② 挤压式垃圾集装箱容积一般为 $20\sim40\text{ m}^3$,垃圾集装箱本身装有挤压式设备,接通电源后就可以使用。其运输车辆一般为卷扬提升式垃圾车或卷臂提升式垃圾车。由于挤压式垃圾集装箱容积较大,且配备有垃圾压缩装置,装载量较大,运距可达30 km。

2. 定时收集

定时收集是对生活垃圾收集进行定时管理的方法。可以配合定点收集方法实施,仅在一天的固定时间内开放容器进行收集,对控制垃圾收集的环境卫生影响有积极作用。

另一种垃圾定时收集方式则不采用定点设置的收集容器。作业单位采用机动或人力收集车定时到垃圾产生源收集垃圾,送至标准的小型压缩收集站,或直接由机动收集车送至垃圾转运站或处理场。其特点是取消了固定式垃圾箱,在一定程度上消除了生活垃圾收集过程中的二次污染。但是,由于垃圾必须在指

定时间收集并装入垃圾收集车内，在实际操作过程中，常出现居民排队等待收集车的现象。

3. 上门收集

有居家上门收集、重力和气力抽吸式垃圾收集管道等形式。

(1) 居家上门收集：由小区保洁人员在楼层和单元口进行收集，或作业单位沿街上门收集。采用标准的人力封闭收集车，送至垃圾房或小型压缩收集站（或居民小区综合处理站）。

(2) 垃圾管道式收集系统：有无动力的重力垃圾收集管道和气力抽吸式垃圾收集管道两种类型。

① 重力垃圾收集管道是设置于中、高层建筑结构中的垂直管道，在每一层开有生活垃圾投入口。垃圾投入后受重力下落至连接管道底部的收集容器，实现收集。重力垃圾收集管道是我国北方取暖区域的多、高层建筑的标准设施；20世纪90年代以前我国南方的大多高层建筑亦配置，对方便居民的生活垃圾投弃有一定作用。但是，重力垃圾收集管道没有自清洁功能，也不易密封，可能成为建筑内的污染源。

② 气力抽吸式垃圾收集管道收集系统是一种以真空涡轮机和垃圾输送管道为基本设备的密闭化垃圾收集方式。该系统主要组成部分包括垃圾倾倒口、垃圾管道、垃圾通道阀、气力输送管道、机械中心和垃圾收集站。目前，世界上只有少数国家在特定区域采用这种收集方式，主要用于收集医院、住宅区、商业区的生活垃圾。

住宅区生活垃圾气力抽吸式垃圾收集管道收集流程如图3-1所示。住宅

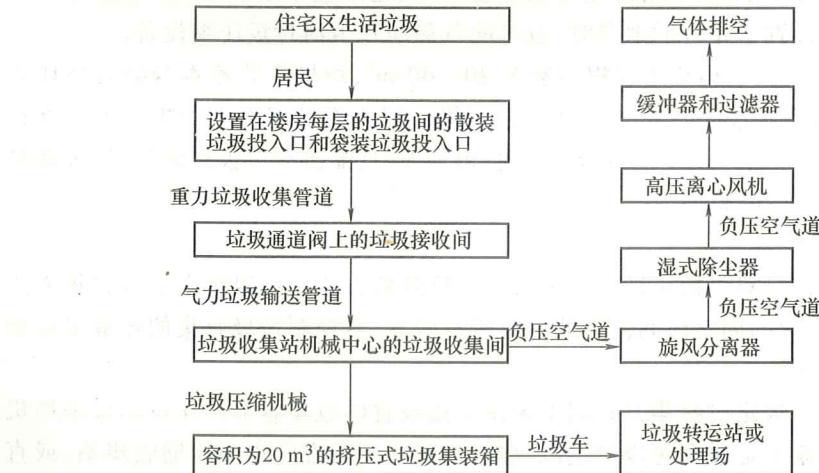


图3-1 气力抽吸式垃圾管道收集流程

楼的每个楼层均设置有垃圾间,居民将散装垃圾从容量为 0.025 m^3 的垃圾接收槽内(散装垃圾投入口)投入到垃圾通道内,将袋装垃圾从垃圾间的袋装垃圾投入口投入到垃圾通道内。垃圾投入后依靠自重下滑并集中在垃圾通道阀上的垃圾接收间。垃圾达到一定的容量后,监测系统会自动发出信号,垃圾通道阀和气力输送系统自动开启,垃圾由气力输送管道输送到垃圾收集站的机械中心。垃圾在机械中心由气体分离器分离,然后在容积为 20 m^3 的挤压式垃圾集装箱内压实装箱。卸料后的含尘输送空气经过旋风分离器和湿式除尘器二级除尘后,通过风机,再经过缓冲器、活性炭除臭过滤装置后,由高空排气管道排空。

第三节 生活垃圾的清运方法

生活垃圾清运的主要目的是把收集到的垃圾及时清运出去以便处理,以免其影响到市容环境卫生,是垃圾收运系统的重要环节。世界各国对生活垃圾清运环节都比较重视,一方面努力提高垃圾清运系统的机械化和卫生水平,另一方面正在稳步实现垃圾清运管理的科学化。

现行的城市生活垃圾清运方法主要是车辆清运法和管道输送法两种类型。其中车辆清运法应用比较普遍,是指使用各种类型的专用垃圾收集车与收集容器配合,从居民住宅点或街道把垃圾运到垃圾转运站或处理场的方法,采取这种清运方法必须配备适用的运输工具和停车场。车辆清运法在相当长的时间内仍然是垃圾清运的主要方法。因此,努力改进垃圾清运的组织、技术和管理体系,提高专用收集车辆与辅助机具的性能和效率是很有意义的。

一、生活垃圾车辆清运方式

目前,我国生活垃圾车辆清运方式是多种形式并存的,主要有以下6种:

1. 普通翻斗车清运

这是早期应用最广泛的一种清运方式,它的车型技术成熟、价格低廉、维修方便,配备专门的装车工人和设备。但是,运输过程中易造成二次污染,卫生条件差,亏载比较严重,适合欠发达的中、小城市使用。

2. 自装密封垃圾车清运

清运车具有自动装卸功能,装车速度快,但成本较高,需配备专门的垃圾桶,存在亏载的问题。

3. 普通垃圾压缩车清运

清运车采用了压缩装置,解决了垃圾运输亏载和垃圾填埋的减容等问题,也解决了运输过程中易造成二次污染的问题。但是,普通垃圾压缩车成本也较高,适合大、中城市使用。

4. 大容量垃圾压缩车清运

在普通垃圾压缩车的基础上,提高了车辆的技术性能和有效荷载。虽然车辆的成本高,但由于单车垃圾运输量大,使需要的车辆数减少,总清运费用反而可能下降,适合大、中城市使用。

5. 小型普通垃圾中转站+密闭运输车清运

配备小型普通垃圾中转站,用普通翻斗车和集装箱运送垃圾。由于集装箱可以自动吊装,装车速度快,卫生条件好,在运输过程中克服了二次污染,适合中、小城市使用。

6. 垃圾压缩中转站+普通翻斗车清运

采用垃圾压缩中转站,集装箱自动装卸,不但使垃圾减容,运输费用降低,克服了二次污染,而且改善了垃圾中转站的卫生面貌和工人的工作环境,是国内外生活垃圾清运的发展方向,适合大、中城市使用。

二、生活垃圾清运操作模式

生活垃圾清运阶段的操作,不仅是指对各收集点贮存垃圾的集中和装载,还包括收集清运车辆由起点至终点的往返运输和在终点卸料等全过程。清运效率和费用高低主要取决于下列因素:①清运操作方式;②收集清运车辆的数量;③清运次数、时间及劳动定员;④清运路线。

清运操作方式可分为拖曳式和固定式两种。

1. 拖曳式容器清运操作方法

该方法是指将某收集点装满的垃圾连容器一起运往转运站或处理场,卸空后再将空容器送回原处或下一个收集点。其中前者称为一般操作法,后者称为修改工作法,其收集清运过程见图3-2。

收集清运成本的高低主要取决于清运时间的长短。因此,对清运操作过程的不同单元时间进行分析,可以建立设计数据和关系式,求出某区域垃圾收集耗费的人力和物力,从而计算成本。清运操作过程可以分为4个基本用时,即集装时间、运输时间、卸车时间和非收集时间(其他用时)。

(1) 集装时间:对一般操作法,每次行程集装时间包括容器点之间行驶时间、满容器装车时间、卸空容器放回原处时间3部分。用公式表示为

$$P_{\text{hes}} = t_{\text{ps}} + t_{\text{uc}} + t_{\text{dbc}} \quad (3-1)$$

式中: P_{hes} ——每次行程集装时间,h/次;

t_{ps} ——满容器装车时间,h/次;

t_{uc} ——卸空容器放回原处时间,h/次;

t_{dbc} ——容器点间行驶的时间,h/次。

如果容器点之间行驶时间未知,可用下面运输时间式(3-2)估算。

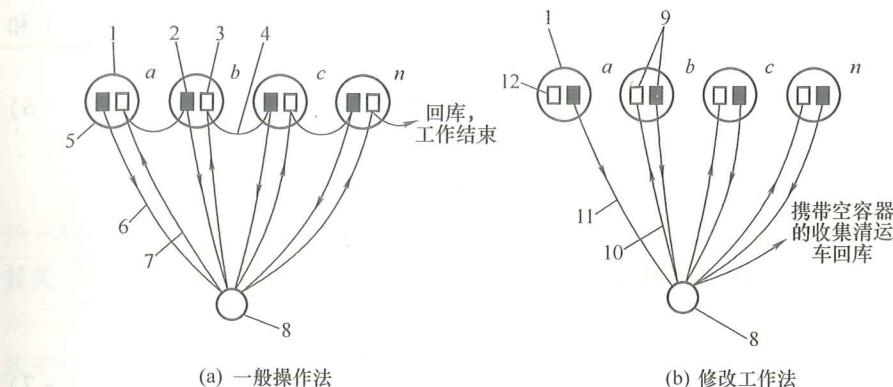


图 3-2 拖曳式容器收集清运过程

1. 容器点；2. 容器装车；3. 空容器放回原处；4. 驶向下一个容器点；5. 车库来的车行程开始；
 6. 满容器运往转运站；7. 空容器放回原处；8. 转运站(加工站或处理场)；9. a 点的容器放在 b 点, b 点容器运往转运站；10. 空容器放在 b 点；11. 满容器运往转运站；12. 携带空容器的收
- 集清运车自车库来, 行程开始

(2) 运输时间: 指收集清运车辆从容器点行驶至终点所需时间, 加上离开终点驶回原处或下一个容器点的时间, 不包括停在终点的时间。当装车和卸车时间相对稳定时, 则运输时间取决于运输距离和速度。基于大量的不同收集清运车辆的运输数据分析结果, 人们发现运输时间可以用下式近似表示

$$h = a + bx \quad (3-2)$$

式中: h ——运输时间, h/次;

a ——经验常数, h/次;

b ——经验常数, h/km;

x ——往返运输距离, km/次。

(3) 卸车时间: 专指垃圾收集清运车辆在终点(转运站或处理场)的停留时间, 包括卸车及等待卸车时间。每一行程卸车时间用 S (h/次) 表示。

(4) 非收集时间: 是相对收集清运操作来说的, 指收集清运过程中非生产性活动所花费的时间, 常用符号 w (%) 表示非收集时间占总时间的百分数。

因此, 在拖曳式容器清运操作中, 一次收集清运操作所需时间可用下式表示

$$T_{\text{hes}} = (P_{\text{hes}} + S + h) / (1 - w) \quad (3-3)$$

也可以用下式表达

$$T_{\text{hes}} = (P_{\text{hes}} + S + a + bx) / (1 - w) \quad (3-4)$$

当求出 T_{hes} 后, 则每日每辆收集清运车的行程次数可用下式表示

$$N_d = H / T_{\text{hes}} \quad (3-5)$$

式中: N_d ——每日行程次数, 次/d;

H ——每日工作时数, h/d。

每周所需收集清运的行程次数,即行程数可根据收集范围的垃圾清运量和容器的平均容量,用下式求出

$$N_w = V_w / (cf) \quad (3-6)$$

式中: N_w ——每周收集清运次数,即行程数,次/周(取整数);

V_w ——每周收集清运垃圾产量, m^3 /周;

c ——每次收集清运时容器的平均容量, m^3 /次;

f ——容器平均充填系数。

因此,1周所需作业时间 D_w (d/周)为

$$D_w = \frac{N_w T_{hcs}}{H} \quad (3-7)$$

应用上述公式,即可计算出拖曳式容器收集清运操作条件下的工作时间和收集次数,并合理编制出作业计划。

2. 容器倾倒清运操作方法(固定式容器清运操作方法)

该方式是指用收集清运车到各容器点装载垃圾,容器倒空后仍放置原地不动,车装满后运往转运站或处理场。在一次行程中,装车时间是关键因素,装车方式分机械装车和人工装车。固定式容器收集清运过程见图 3-3。

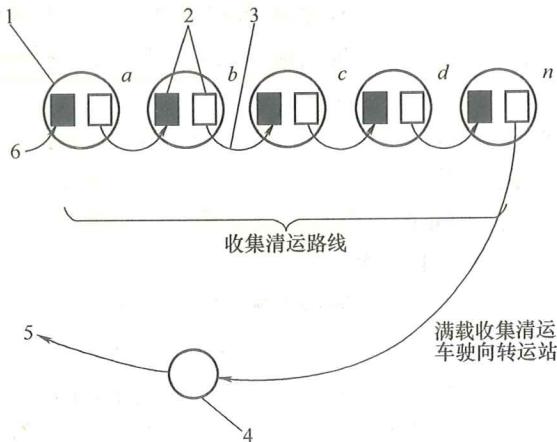


图 3-3 固定式容器收集清运过程

1. 容器点; 2. 将容器内的垃圾装入收集清运车; 3. 驶向下一个容器点; 4. 转运站(加工站或处理场); 5. 卸空的收集清运车进行新的行程或回库; 6. 车库来的空车行程开始

(1) 机械装车:每一收集清运行程时间可用下式表示

$$T_{scs} = (P_{scs} + S + a + bx) / (1 - w) \quad (3-8)$$

$$P_{scs} = c_t t_{uc} + (N_p - 1) t_{dbc} \quad (3-9)$$

式中: T_{scs} ——固定式容器收集清运每一行程时间,h/次;

P_{scs} ——每次行程集装时间, h/次;

c_t ——每次行程倒空的容器数, 个/次;

t_{uc} ——卸空 1 个容器的平均时间, h/个;

N_p ——每一行程的容器点, 个/次;

t_{dbc} ——每一行程各容器点之间平均行驶时间, h/个。

每一行程能倒空的容器数直接与收集清运车容积、压缩比及容器体积有关, 其关系式为

$$c_t = V r / (c f) \quad (3-10)$$

式中: V ——收集清运车容积, $\text{m}^3/\text{次}$;

r ——收集清运车压缩比。

每周需要的行程次数可用下式求出

$$N_w = V_w / (V r) \quad (3-11)$$

式中: N_w ——每周行程次数, 次/周。

由此每周需要的收集清运时间为

$$D_w = [N_w P_{\text{scs}} + t_w (S + a + bx)] / [(1 - w) H] \quad (3-12)$$

式中: D_w ——每周收集清运时间, d/周;

t_w —— N_w 值进到大于 N_w 的最小整数值, 次/周。

(2) 人工装车: 使用人工装车, 每天进行的收集清运进程数为已知值或保持不变, 这种情况下的日工作时间为

$$P_{\text{scs}} = (1 - w) H / N_d - (S + a + bx) \quad (3-13)$$

每一行程能够收集清运垃圾的容器点可以由下式估算

$$N_r = 60 P_{\text{scs}} n / t_p \quad (3-14)$$

式中: n ——收集清运的工人数, 人;

t_p ——每个容器点需要的集装时间, 人 · min/个。

每次行程的容器点数确定后, 即可用下式估算收集清运车的合适车型尺寸大小(载重量)

$$V = V_p N_p / r \quad (3-15)$$

式中: V_p ——每一容器点收集的垃圾平均量, $\text{m}^3/\text{个}$ 。

每周的行程数, 即收集次数为

$$N_w = T_p F / N_p \quad (3-16)$$

式中: T_p ——容器点总数, 个/次;

F ——周容器收集频率, 次/周。

第四节 收集运输设施与设备

一、垃圾收集贮存容器

由于生活垃圾产生量的不均匀性、随机性,以及对环境卫生部门收集清除作业的适应性,需要配备生活垃圾收集贮存容器。垃圾产生者或收集者应根据垃圾的数量、特性及环境卫生主管部门的要求,确定收集贮存方式,选择合适的垃圾收集贮存容器,规划容器的放置地点和配置足够数量的容器。

生活垃圾收集贮存容器可分为垃圾箱(桶)和垃圾集装箱两大类,参见图3-4。

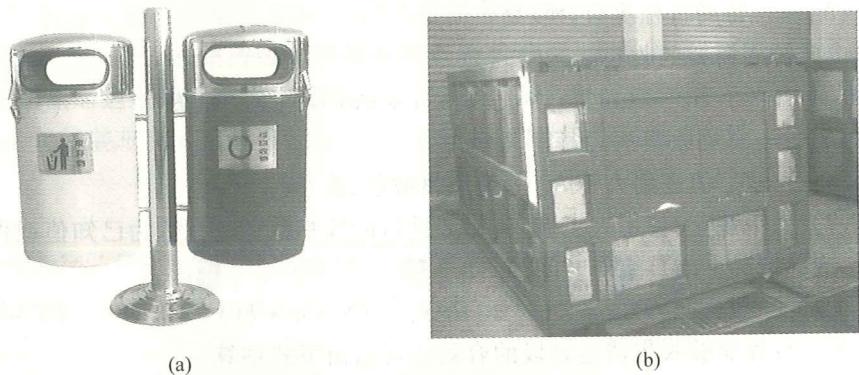


图3-4 街道垃圾桶(a)和垃圾集装箱(b)

(一) 垃圾箱(桶)

垃圾箱(桶)可以按照不同的特点进行分类。

(1) 按容积区分:垃圾箱(桶)可分为大、中、小三种类型。容积大于 1.1 m^3 的垃圾箱(桶)称为大型垃圾容器,容积为 $0.1\sim1.1\text{ m}^3$ 的垃圾箱(桶)称为中型垃圾容器,容积小于 0.1 m^3 的垃圾箱(桶)称为小型垃圾容器。

(2) 按材质区分:分为金属、塑料和复合材料类型。塑料垃圾箱(桶)质量轻,比较经济但不耐热,而且使用寿命短,在塑料制的垃圾箱(桶)上一般都印有不准倒热灰的标记。与塑料制容器相比,钢制容器质量较重,耐热,但不耐腐蚀。为了防腐,钢制容器内部都要进行镀锌、装衬里和涂防腐层处理。复合材料容器性能最优。

(3) 按颜色区分:在实行生活垃圾分类收集后,分类袋装垃圾收集要采用不同颜色的标准塑料垃圾箱,可参见表3-2。

表 3-2 分类收集垃圾的标准塑料垃圾箱颜色设置一览表

垃圾种类	颜色	垃圾组成
餐厨垃圾	黄色	餐厨垃圾等易腐有机物
有机垃圾	黑色	纸张、橡胶、塑料
无机垃圾	绿色	金属、玻璃等
有毒有害垃圾	红色	废荧光灯管、过期药品、有机溶剂等

垃圾箱(桶)有圆形的、方形的和倒梯形的等多种形状,容器的底部应配有活动滚轮,容器的上口应有盖,其上部配有吊钩或翻盖装置。

(4) 街道垃圾桶:主要用来收集行人随时丢弃的垃圾,通常采用固定安装的形式[图 3-4(a)],在城市道路两旁按下列间隔距离设置:商业街为 25~50 m,交通干道为 50~80 m,一般道路为 80~100 m。

(二) 垃圾集装箱

垃圾集装箱一般可分为标准集装箱和专用集装箱两大类。

(1) 标准集装箱:指符合国际标准尺寸的集装箱。为了适应生活垃圾收集作业的要求,在其基本结构尺寸不变的情况下,进行一些局部的改动,如开设进垃圾口(及门)和增加与运输车辆结合的连接锁定结构等。

(2) 专用集装箱:指专为环境卫生行业生活垃圾收集运输作业而设计的集装箱。其结构、尺寸和容量将根据其使用条件与运输方式而有各种规格和形式。

用车厢可卸式运输车作短途运输,将集装箱送到码头转运上船。进行长途运输的集装箱,其结构中除了应有与车厢可卸式运输车匹配的结构外,还应设置有与码头上装卸和搬运、堆码设备匹配的结构——集装箱应是一个长方体,在 8 个角上设置标准角件,在集装箱底架上设有标准插槽等结构。

用于地坑式收集生活垃圾的集装箱一般是敞口的,4 个上角设有起吊结构,4 个下角设有角件,便于在运输车上定位。

垃圾收集贮存容器设置数量对收集费用影响甚大,应事先进行规划和估算。某地段需配置的容器数量,主要考虑的因素为服务范围内居民人数、垃圾人均产量、垃圾平均密度、容器大小和收集次数等。

首先,按下式求出容器服务范围内的垃圾日产量

$$W = R \cdot C \cdot A_1 \cdot A_2 \quad (3-17)$$

式中: W ——垃圾日产量,t/d;

R ——收集范围内居民人数,人;

C ——城市生活垃圾人均日产量,t/(人·d);

A_1 ——城市生活垃圾人均日产量变动系数,1.1~1.5;

A_2 ——人口变动系数,1.02~1.05。

然后,按式(3-18)和式(3-19)折合垃圾日产生体积

$$V_{\text{ave}} = W/(A_3 D_{\text{ave}}) \quad (3-18)$$

$$V_{\text{max}} = KV_{\text{ave}} \quad (3-19)$$

式中: V_{ave} ——生活垃圾平均日产生体积, m^3/d ;

A_3 ——生活垃圾平均密度变动系数, $0.7 \sim 0.9$;

D_{ave} ——生活垃圾平均密度, t/m^3 ;

K ——生活垃圾产生高峰时体积的变动系数, $1.5 \sim 1.8$;

V_{max} ——生活垃圾产生高峰时日产生最大体积, m^3/d 。

最后,以式(3-20)和式(3-21)求出收集点所需设置的生活垃圾收集贮存容器数量

$$N_{\text{ave}} = A_4 V_{\text{ave}} / (EF) \quad (3-20)$$

$$N_{\text{max}} = A_4 V_{\text{max}} / (EF) \quad (3-21)$$

式中: N_{ave} ——所需设置的容器平均数量,个;

E ——单个容器的容积, $\text{m}^3/\text{个}$;

F ——容器填充系数, $0.75 \sim 0.9$;

A_4 ——垃圾收集周期, d ,当每日收集1次时, $A_4 = 1$,每日收集2次时,

$A_4 = 0.5$,每两日收集1次时, $A_4 = 2$,依次类推;

N_{max} ——垃圾产生高峰时所需设置的容器数量,个。

当已知 N_{max} 时,即可确定服务地段应设置垃圾收集贮存容器的数量;然后,再适当地配置在各服务地点。容器最好集中于收集点,收集点的服务半径一般不应超过70 m。在规划建设新住宅区时,未设垃圾通道的多层公寓一般每4幢应设置1个容器收集点,并建造垃圾容器间,以利于安置垃圾容器。

二、垃圾运输车

(一) 车辆的分类

垃圾运输车(垃圾车)的分类方式很多,通常可以按照垃圾的种类、垃圾车的用途、垃圾车的工作装置和垃圾车的结构特点来分类。

按照垃圾的种类和垃圾的产生源,可以将垃圾车分为生活垃圾车、大件垃圾车和建筑垃圾车等。

按照垃圾车的用途,可以将其分为垃圾收集车和垃圾转运车。垃圾收集车主要用来在街道、商业网点和居民生活区等场所收集垃圾。垃圾转运车用来将转运站中集中的生活垃圾运送到距离较远的垃圾处理场。这种垃圾车只用来从事垃圾运输,不配置垃圾收集装置。为了提高运输生产率,并降低运输成本,垃圾转运车一般采用大吨位的运输车辆。

按照垃圾车工作装置功能的不同,垃圾车可分为自卸垃圾车、自装卸垃圾

车、自动填充压实式垃圾车和容器式垃圾车。按照垃圾车工作装置的工作原理和结构特点的不同,垃圾车又可分为门架式垃圾车、机械臂式垃圾车、侧装推板式垃圾车等。按照垃圾车装料部位的不同,垃圾车又可分为顶装式垃圾车、侧装式垃圾车、前装式垃圾车和后装式垃圾车。

下面将主要介绍常用的自卸垃圾车的类型和特点,并简单地介绍其他几种生活垃圾运输车辆。

1. 自卸垃圾车的类型和特点

自卸垃圾车本身不带有自动装载机构,其垃圾装载工作需由专门的装载设备完成,其卸料则由装置在车厢底部的液压倾翻机构完成。当使用自卸垃圾车收集垃圾时,也可由人工进行装载。

自卸垃圾车按其车厢的构造不同,又可分为敞开式自卸垃圾车、罩盖式自卸垃圾车和密封式自卸垃圾车。

(1) 敞开式自卸垃圾车:敞开式自卸垃圾车是在货车底盘上加装液压倾翻机构的垃圾车厢改装而成的。采用人工装入垃圾时,其车厢墙板高度与普通自卸汽车相同;采用专门的装载设备进行装载时,则可将其车厢墙板高度增加。车厢墙板高于普通自卸汽车的垃圾车,又称为高墙板自卸垃圾车。由于敞开式自卸垃圾车在运输过程中密封性不好,垃圾易散发臭气、滋生蚊蝇,严重影响城市环境卫生,目前这种垃圾车的应用已经较少。

(2) 罩盖式自卸垃圾车:罩盖式自卸垃圾车是由敞开式自卸垃圾车加装框架式玻璃钢罩盖而成。加装罩盖的目的是为了防止在运输作业时车上垃圾飞散、扬尘,从而避免运输过程的二次污染。

罩盖式自卸垃圾车的罩盖为整体密封盖,运输作业时盖在垃圾车厢上。当垃圾车装载时,罩盖由4根连杆向前摇动,向驾驶室上方移动开启。4根连杆分为前后2组,各用1根销轴与车厢下部连接,车厢前部为主动轴,后部为被动轴,由液压驱动,轴的两端各自连接连杆。液压缸的动作由垃圾车原液压系统经多位换向阀控制。驾驶员在驾驶室内即可操纵罩盖使之开启或关闭。这种垃圾车既保持了敞开式自卸垃圾车通用性好和运输成本低等优点,又具有保护城市环境卫生,避免二次污染的性能,对我国目前的状况较为适用。罩盖式自卸垃圾车适宜于装运建筑垃圾,配以铲车或抓斗在车厢上方将垃圾装入车厢。

(3) 密封式自卸垃圾车:密封式自卸垃圾车的车厢是整体密封的,在车厢的顶部开设有数个垃圾投入口。因此,也称为顶开式自卸垃圾车。

这种垃圾车在运行过程中垃圾不暴露,没有尘土飞扬、散发臭气等二次污染情况。因此,在防止环境污染方面达到了罩盖式自卸垃圾车所具有的功能。由于密封式自卸垃圾车不需要加装专门启闭罩盖的4根连杆机构,从而在结构和制造成本上均优于罩盖式自卸垃圾车。

车、自动填充压实式垃圾车和容器式垃圾车。按照垃圾车工作装置的工作原理和结构特点的不同，垃圾车又可分为门架式垃圾车、机械臂式垃圾车、侧装推板式垃圾车等。按照垃圾车装料部位的不同，垃圾车又可分为顶装式垃圾车、侧装式垃圾车、前装式垃圾车和后装式垃圾车。

下面将主要介绍常用的自卸垃圾车的类型和特点，并简单地介绍其他几种生活垃圾运输车辆。

1. 自卸垃圾车的类型和特点

自卸垃圾车本身不带有自动装载机构，其垃圾装载工作需由专门的装载设备完成，其卸料则由装置在车厢底部的液压倾翻机构完成。当使用自卸垃圾车收集垃圾时，也可由人工进行装载。

自卸垃圾车按其车厢的构造不同，又可分为敞开式自卸垃圾车、罩盖式自卸垃圾车和密封式自卸垃圾车。

(1) 敞开式自卸垃圾车：敞开式自卸垃圾车是在货车底盘上加装液压倾翻机构的垃圾车厢改装而成的。采用人工装入垃圾时，其车厢墙板高度与普通自卸汽车相同；采用专门的装载设备进行装载时，则可将其车厢墙板高度增加。车厢墙板高于普通自卸汽车的垃圾车，又称为高墙板自卸垃圾车。由于敞开式自卸垃圾车在运输过程中密封性不好，垃圾易散发臭气、滋生蚊蝇，严重影响城市环境卫生，目前这种垃圾车的应用已经较少。

(2) 罩盖式自卸垃圾车：罩盖式自卸垃圾车是由敞开式自卸垃圾车加装框架式玻璃钢罩盖而成。加装罩盖的目的是为了防止在运输作业时车上垃圾飞散、扬尘，从而避免运输过程的二次污染。

罩盖式自卸垃圾车的罩盖为整体密封盖，运输作业时盖在垃圾车厢上。当垃圾车装载时，罩盖由4根连杆向前摇动，向驾驶室前上方移动开启。4根连杆分为前后2组，各用1根销轴与车厢下部连接，车厢前部为主动轴，后部为被动轴，由液压驱动，轴的两端各自连接连杆。液压缸的动作由垃圾车原液压系统经多位换向阀控制。驾驶员在驾驶室内即可操纵罩盖使之开启或关闭。这种垃圾车既保持了敞开式自卸垃圾车通用性好和运输成本低等优点，又具有保护城市环境卫生，避免二次污染的性能，对我国目前的状况较为适用。罩盖式自卸垃圾车适宜于装运建筑垃圾，配以铲车或抓斗在车厢上方将垃圾装入车厢。

(3) 密封式自卸垃圾车：密封式自卸垃圾车的车厢是整体密封的，在车厢的顶部开设有数个垃圾投入口。因此，也称为顶开式自卸垃圾车。

这种垃圾车在运行过程中垃圾不暴露，没有尘土飞扬、散发臭气等二次污染情况。因此，在防止环境污染方面达到了罩盖式自卸垃圾车所具有的功能。由于密封式自卸垃圾车不需要加装专门启闭罩盖的4根连杆机构，从而在结构和制造成本上均优于罩盖式自卸垃圾车。

罩盖式自卸垃圾车和密封式自卸垃圾车如图 3-5 所示。



图 3-5 罩盖式自卸垃圾车(a)和密封式自卸垃圾车(b)

2. 活动斗式垃圾车

这种垃圾车的车厢作为活动敞开式贮存容器,车厢可卸下来作为收集垃圾的集装箱使用,平时放置在垃圾收集点,当垃圾装满后将集装箱放回垃圾车运到中转站或处理场。因车厢贴地且容量大,适宜贮存装载大件垃圾,故亦称为多功能车,用于拖曳式容器清运操作。

3. 侧装式密封垃圾车

这种车型内侧装有液压驱动提升机构,提升配套的圆形垃圾桶,可将地面上的垃圾桶提升至车厢顶部,由倒入口倾翻,空桶复位至地面。倒入口有顶盖,随桶倾倒动作而启闭。国外这类车的机械化程度高,改进形式很多,一个垃圾桶的卸料周期不超过 10 s,保证了较高的工作效率。另外,提升架悬臂长、旋转角度大,可以在相当大的作业区内抓取垃圾桶,故车辆不必对准垃圾桶停放。

4. 后装式压缩垃圾车

这种车是在车厢后部开设投入口,装配有压缩推板装置。通常投入口高度较低,能适应中老年人和小孩倒垃圾。同时,由于装有压缩推板,适应体积大、密度小的垃圾收集。这种车与手推车收集垃圾相比,工作效率可提高 6 倍以上,大大减轻了工人的劳动强度,缩短了工作时间,另外还减少了二次污染,方便了群众。

侧装式密封垃圾车和后装式压缩垃圾车如图 3-6 所示。

目前,生活垃圾收运车辆的种类较多,但各类垃圾车均有一共同的发展趋势,即箱体内设计了强力压缩装置,这适应了垃圾密度小的特点。垃圾在箱内被压缩后有效缩减了容积,明显提高了车辆的有效载荷和收运效率,降低了收运成本。所以,垃圾压缩转运设备作为主导的情况会在相当长的时间内存在。

(二) 垃圾运输车的使用要求



(a)



(b)

图 3-6 侧装式密封垃圾车(a)和后装式压缩垃圾车(b)

为了迅速有效地完成生活垃圾收运工作,减轻劳动强度,改善作业条件,避免垃圾清运所造成的环境污染,垃圾车必须满足经济性、可操作性、外观和环境3个方面的要求。

(1) 经济性要求:降低生活垃圾的收集和运输成本,保证经济合理性。要做到这一点,除了降低垃圾车本身的投资和营运费用以外,还必须考虑垃圾车配套设备及设施的投资和运行费用。

另外,为了提高生活垃圾的收集运输效率,必须选用适当的垃圾装卸方式、合理的车厢体设计和装载量,提高垃圾车的运输速度。

在给垃圾车加装专门设备时,必须尽可能采用简单轻便的装置,以降低垃圾车的制造成本,并提高垃圾车的装载系数。

垃圾车应具有足够的强度和较好的耐用性,并且保养简便、易于维修,使用寿命长。

(2) 可操作性要求:便于工人操作,减轻劳动强度,改善作业条件,工人不直接接触垃圾,实现卫生操作。为此,垃圾车必须适应装卸机械化的要求,配备与垃圾收集容器相配套的提升装置。

为了方便进出垃圾装卸场地,垃圾车必须具有较高的灵活性,能适应运输路线与装卸场地的行驶和方便调头。

(3) 外观和环境方面的要求:要减少垃圾收集和运输过程中的二次污染。为了避免垃圾车在收集和运输过程中对环境的污染,垃圾车应配备一定的防扬尘装置,采用密封式垃圾车厢或装载容器。同时,应减小或消除垃圾车运输作业时的噪声。

垃圾车属于市政专用车辆,其作业过程主要在市区进行,为了美化城市环境,垃圾车的外形应美观大方,与城市环境相协调。

(三) 生活垃圾收运车辆的发展方向

清洁卫生是现代文明的重要标志,生活垃圾收运车辆应适应现代化发展的

需要。目前,发达国家和地区的汽车制造商正采用高新技术来最大限度地提高车辆的安全性、舒适性、环保性、可靠性和耐久性,以提高工作效率,增加经济效益和社会效益。我国的专用车生产厂家在开发生活垃圾收运车辆的过程中也在不断地向高标准迈进,其发展主要表现在以下几方面:

① 收运车型细分化,采用不同形式的收集车辆与转运车辆。在收集地区道路通行能力允许的条件下,生活垃圾收集车辆可选用多种型号,且优先考虑大型车辆。而用于生活垃圾转运的车辆则是重型或大型化的。

② 垃圾收集车辆,一般为具有压缩功能的后装或侧装式压缩或密封垃圾车,且有与垃圾收集容器配套的装置。车厢可卸式垃圾车均与固定的压缩装置配套,并逐步趋于标准化。

③ 车辆在运输过程中的二次污染问题。如车辆装料口设计密封盖板,不使垃圾暴露,减少臭味散发;针对生活垃圾含水率高的问题,设置密封可靠的大容量污水贮存箱。

④ 操作过程的自动化水平。垃圾收集操作控制采用电液控制技术,并安装有装载量检测控制和运动机构安全报警装置,保证操纵灵活、轻便,专用机构安全、可靠。

⑤ 作为特殊用途车辆,经常行驶在狭窄的街道及复杂的路面上,设计中应着重考虑车辆的转向灵活性和通过能力,并降低整车装备质量,提高负载质量利用系数;采用符合欧Ⅲ以上排放标准的低油耗发动机;车辆驾驶室密封性能好,室内装有空调。

⑥ 在保证可靠性的前提下,进一步提升车辆的多功能性。例如:增加除臭、清洗等功能。

⑦ 车辆外形美观大方,易于保洁。

(四) 收运车辆的配置

影响生活垃圾收集运输车辆选型的因素较多,当地的经济承受能力是最重要的影响因素。经济相对发达的城市和地区,人工费用较高,可采用机械化程度高、技术先进的车型,如后装式压缩垃圾车等;经济相对落后的城市和村镇区域,人工费用较低,可采用价格相对便宜的车型,如简易自卸垃圾车等。在确定垃圾车选型的基本原则后,可根据生活垃圾产生状况、垃圾收集方式、道路交通状况、垃圾运输路线和垃圾运输距离等相关参数,依据以下方法计算生活垃圾收集运输车辆的配置数量

$$\text{简易自卸垃圾车数} (\text{该车收集垃圾日平均产生量}) = \text{车额定吨位} \times \text{日单班收集次数定额} \times \text{完好率}$$

式中:垃圾日平均产生量按式(3-17)计算;

日单班收集次数定额按各地区环境卫生定额计算;

完好率按 85% 计。

$$\text{多功能车数} = \frac{\text{收集垃圾日平均产生量}}{\text{车厢额定容量} \times \text{厢容积利用率}} \times \text{日单班收集次数定额} \times \text{完好率}$$

式中: 厢容积利用率按 50% ~ 70% 计;

完好率按 80% 计;

其余同前。

$$\text{侧装式密封垃圾车数} = \frac{\text{该车收集垃圾日平均产生量}}{\text{桶额定容量} \times \text{桶容积利用率}} \times \text{日单班装桶数定额} \times \text{日单班收集次数定额} \times \text{完好率}$$

式中: 日单班装桶数定额按各地区环境卫生定额计算;

完好率按 80% 计;

桶容积利用率按 50% ~ 70% 计;

其余同前。

(五) 收集车劳动力配备

每辆收集车配备的收集工人, 需按车辆的型号与大小、机械化作业程度、垃圾容器放置地点与容器类型等情况而定, 最终须按工作经验的逐渐改善而确定劳动力。一般情况下, 除司机外, 人力装车的 3 t 简易自卸垃圾车配 2 人; 人力装车的 5 t 简易自卸垃圾车配 3 ~ 4 人; 多功能车配 1 人; 侧装式密封垃圾车配 2 人。

第五节 生活垃圾的中转运输

生活垃圾中转运输是生活垃圾运输处理系统中的重要环节。在生活垃圾收运模式中, 中转运输指的是采用收集车将垃圾清运至垃圾转运站后, 收集车中垃圾转载至较大型转运车, 并由转运车将垃圾送往处理场的过程。中转运输过程包含两个基本步骤: 垃圾转载与转运车运输。

中转运输的设置基于生活垃圾运输过程经济化的原理, 其依据包括: ①大型车辆的单位运输量成本(单价)低于小型车辆; ②垃圾收集清运车受垃圾集装点交通条件的限制, 难以实现车辆大型化; ③当垃圾的全程运输距离大于一定值时, 大型车辆的单价优势足以抵偿垃圾转载带来的固定成本。

我国《城镇环境卫生设施设置标准》规定, 当生活垃圾运输距离超过 20 km 时, 应设置大、中型垃圾转运站。

一、转运站的作用和功能

转运站的作用和功能可以归纳为以下几点:

①降低收运的成本。对于较长的运输距离来说, 大容量的运输车辆要比小容量的运输车辆经济有效; 但是, 在收集过程中, 特别是城市生活垃圾的收集, 小

型车辆又比大型车辆灵活方便。在适宜的地方设置转运站,可以合理地分配使用车辆,提高收运系统的总体效率,大大降低运输费用。

② 集中收集和贮存来源分散的各种固体废物。在生活垃圾物流组织体系中起到流量缓冲作用。

③ 对各种废物进行适当的预处理。例如,分选、破碎、压缩、解毒、中和、脱水,以及对有用物质的回收和再利用。通过这些预处理措施,可以减少在后续运输与处理、处置过程中废物的量和危险性,有利于提高废物管理的整体效率。

二、生活垃圾转运站的工艺类型

生活垃圾转运站的工艺类型可按不同的方式进行分类。

(一) 按转运规模分类

各国对生活垃圾转运站的规模划分大同小异,均按照垃圾转运量将垃圾转运站分为小型、中型和大型三种类型。如英国的划分方法为:小型垃圾转运站的转运量小于100 t/d;中型垃圾转运站的转运量100~500 t/d;大型垃圾转运站的转运量大于500 t/d。

我国城市生活垃圾转运站技术规范的划分方法为:小型垃圾转运站的转运量小于150 t/d;中型垃圾转运站的转运量150~450 t/d;大型垃圾转运站的转运量大于450 t/d。当运输距离为10~20 km时,可设置小型垃圾转运站;当运输距离大于20 km时,可设置大、中型垃圾转运站。

(二) 按运输工具分类

按运输工具可分为公路转运、铁路转运和水路转运。

1. 公路转运

公路转运是一种利用汽车作为运输工具的转运方式,是国内外采用最为普遍的转运方式。使用较多的公路转运车辆有半挂转运车、液压式集装箱转运车和拉臂式转运车(如图3-7)。由于集装箱密封性好,不散发臭气和流溢污水,故用集装箱收集和转运垃圾是较理想的方法。常用的集装箱收集车负荷2 t,在卡车底盘上安装集装箱装置;而集装箱转运车则在6 t负荷卡车底盘上设置3个集装箱底板,一次可转运3个集装箱。

2. 铁路转运

铁路转运是一种利用火车作为运输工具的转运方式。我国生活垃圾铁路转运的应用极少,只有极少部分大型工矿企业在将其产生的垃圾外运时,有时采用铁路转运方式。一般是将垃圾人工(或人工+铲车)送入敞口车厢之后,由火车头拉着车厢沿着铺设好的轨道将垃圾送到处理场。铁路转运常用的车辆有:设有专用卸车设备的普通卡车,有效负荷10~15 t;大容量专用车辆,有效负荷25~30 t。图3-8为一种铁路转运站示意图。

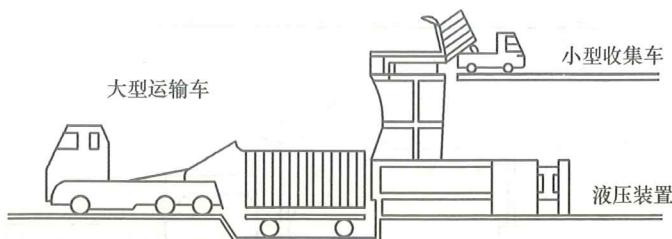


图 3-7 拉臂式转运车公路转运方式

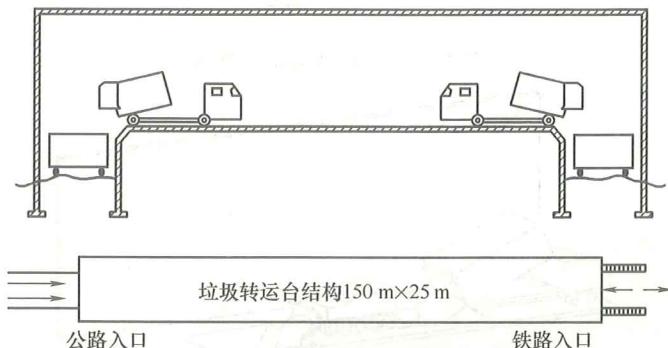


图 3-8 铁路转运站

3. 水路转运

水路转运是一种利用船舶作为运输工具的转运方式。水路转运站需要设在河流或者运河边，垃圾收集车将垃圾直接卸入停靠在码头的驳船里，需要设计良好的装载和卸船的专用码头（卸船费用昂贵，常常是限制因素）。如上海市环境卫生系统在黄浦江边上就有专用装载驳船码头，装满生活垃圾后，沿江送至东海边的老港垃圾填埋场，该填埋场接纳了上海市的大部分生活垃圾。这种转运方式有下列优点：提供了把垃圾最终处置地点设在远处的可能性；省掉了不方便的公路运输，减轻了停车场的负担；使用大容积驳船，同时保证了垃圾收集与处理之间的暂时贮存。图 3-9 为水路转运站示意图。

（三）按装卸料方法分类

1. 高低货位方式

利用地形高度差来装卸生活垃圾，也可用专门的液压台将卸料台升高或将大型运输工具下降。如图 3-10 所示。

2. 平面传送方式

利用传送带、抓斗天车等辅助工具进行收集车的卸料和大型运输工具的装料，收集车和大型运输工具停在一个平面上。如图 3-11 所示。

（四）按转运垃圾处理设备的工作原理和处理效果（减容压实程度）分类

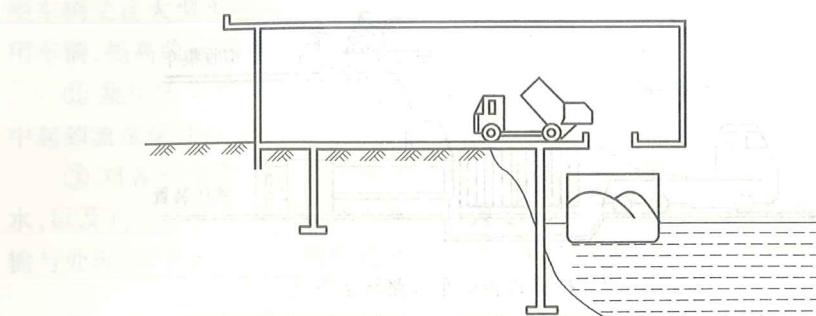


图 3-9 水路转运站示意图

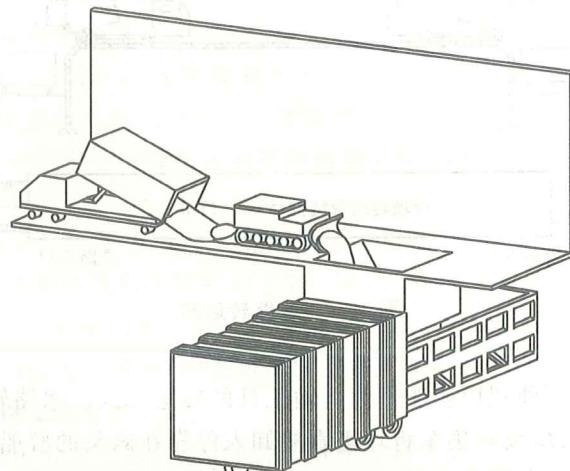


图 3-10 高低货位方式

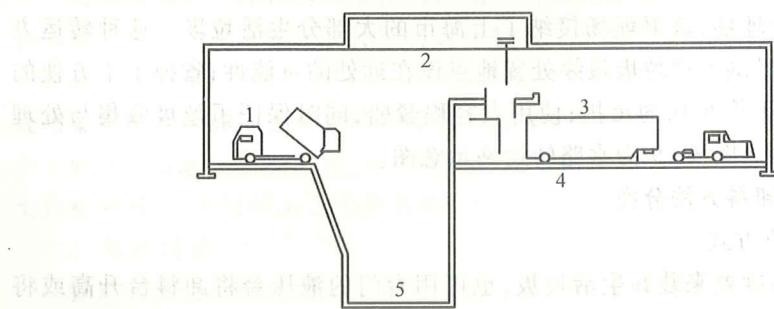


图 3-11 平面传送方式

1. 垃圾收集车；2. 抓斗天车装料斗；3. 重型车；

4. 拖车装料挤压；5. 垃圾池

1. 直接转运式

直接转运式垃圾转运站的工艺流程如图 3-12 所示。满载的垃圾收集车到

转运站后,经称量计量,驶向卸料平台,将垃圾从高位平台上直接倒进大型垃圾转运车的车厢内或是地面的垃圾箱内(参见图 3-13 和图 3-14),车厢或垃圾箱一般是顶门可以敞开的,且容积比较大,如果垃圾转运量波动幅度较大,卸料高峰期较为集中,为避免出现垃圾收集车等候卸车的情况,应扩大卸料平台面积,作为贮料平台。在运输途中,一般用篷布覆盖敞顶式车厢或集装箱,以防止转运途中生活垃圾的飞扬。

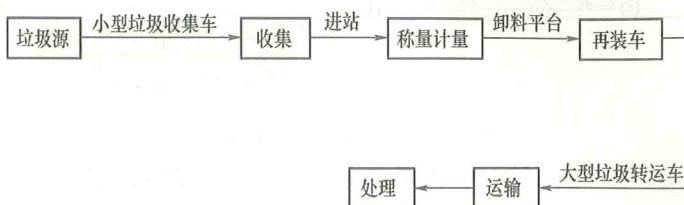


图 3-12 直接转运式垃圾转运站的工艺流程

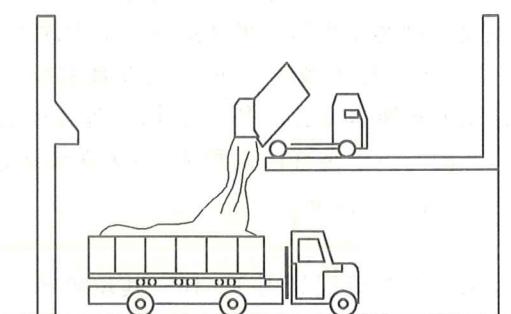


图 3-13 直接卸料到大型垃圾转运车的车厢内

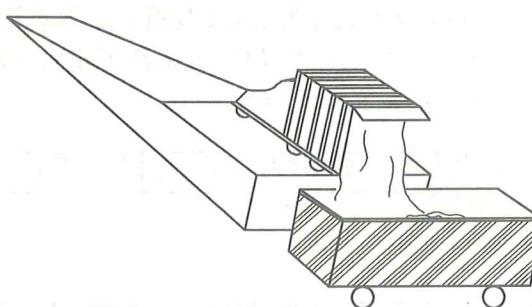


图 3-14 直接卸料到地面的垃圾箱内

地坑式垃圾转运站也属于此种类型,且更简单。地坑式垃圾转运站使用的垃圾箱容积较小,一般小于 10 m^3 ,放置在站内的地坑中,垃圾收集车将垃圾直接卸入箱内,待装满后,用起重设备将箱从地坑中吊出,装车运走(见图 3-15)。

直接转运式转运站对生活垃圾转运处理过程简单,不需要配置处理转运垃

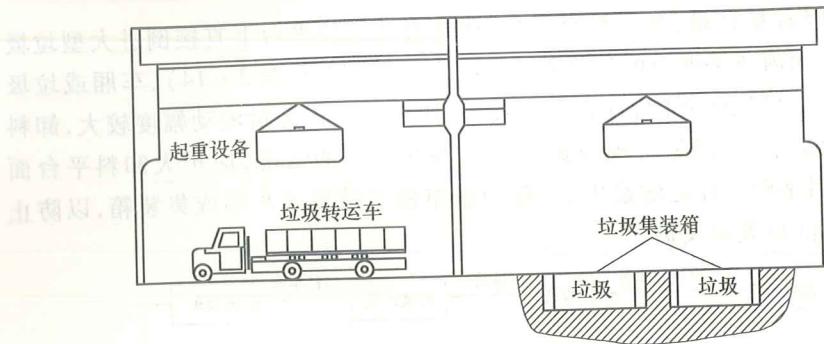


图 3-15 地坑式垃圾转运站

圾的设备。所以投资少,运行管理费用也比其他转运站低得多。

但是,此种类型的转运站的垃圾减容效果较差,仅将垃圾由小型车转到大型车上,未作任何减容、压实操作,或只作简单的压实操作(如机械式液压爪将车厢内的垃圾扒平整),这是此种类型生活垃圾转运站的最大缺点,会导致两个问题:①为了增加运输量,必须配置超大型的车厢;②若车厢容积一定,此种类型的转运站所装载的垃圾比压缩式转运站少得多。另外,此种转运站在作业时,车厢或集装箱顶部一般是敞开的。由于顶部的面积大,垃圾在转运过程中暴露的面积也大,从而会对周围的环境造成污染。

2. 推入装箱式

推入装箱式转运站的工艺流程见图 3-16。其垃圾转运的过程是:垃圾由小型垃圾收集车从居民垃圾源收集运到转运站,经称量计量后,驶向卸料平台,将垃圾送入有装箱机的贮料仓内,仓内垃圾用液压推料机构将垃圾由仓内推入与仓出口对接的大型垃圾转运车的车厢(或集装箱)内,随着箱内垃圾容量的增加,推料机构对箱内垃圾有一定的压缩功能,这提高了箱内垃圾的密实度,从而保证了大型转运车实现封闭、满载和大容量运行。

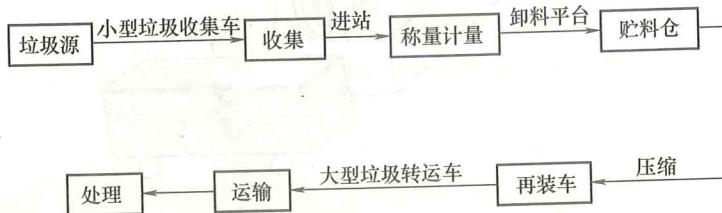


图 3-16 推入装箱式转运站的工艺流程

根据压缩装置是否与牵引车分离,推入装箱式转运站又可以分为两种类型:不带固定装箱机的转运站和带固定装箱机的转运站。

(1) 不带固定装箱机的转运站:国外某公司提出了一种不带固定装箱机的

转运站模式(如图 3-17 所示),小型垃圾收集车将居民垃圾收集运到转运站后,经料斗直接卸入带有压缩系统的半挂车内,半挂车一般由 40 ft 的标准集装箱改装而成。垃圾从集装箱顶部的进料口进入箱内,利用车内的压缩推料机构将垃圾从集装箱前部移向后部,随着垃圾量的不断增加,压缩推料机构逐渐对垃圾产生一定的挤压,起到压缩垃圾的作用。

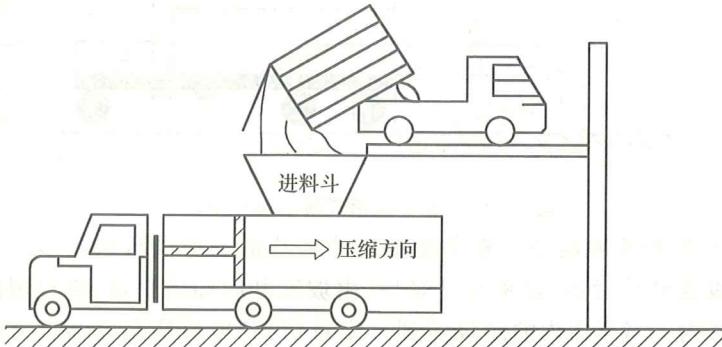


图 3-17 不带固定装箱机的转运站

该种转运站的优点是基本实现了封闭、压缩和大运量的垃圾转运;缺点是由于压缩装置与半挂式集装箱一体,这样一箱一机必然使得集装箱的结构复杂,附加装置多,造价高;转运站内的垃圾收集车卸料处一般不设置垃圾贮存槽,因此,在收集车进站高峰期,易造成收集车排队等候卸车现象,给站内的管理调度带来困难。

(2) 固定式装箱机的转运站:此种形式的转运站在作业区内设置有 1 台以上的固定式压缩机,大型垃圾集装箱内不设置压缩推料机构。在转运站作业时,垃圾转运车和集装箱可以分离,这样一台垃圾转运车可以作用于多个集装箱,从而提高了垃圾转运车的作业效率。

根据压缩装置的压缩力方向不同,固定式装箱机的转运站又可分为两种类型:水平装箱式转运站和竖直装箱式转运站。

① 水平装箱式转运站。北京大屯垃圾转运站采用的就是这种形式,它是国内首座密闭式生活垃圾转运站,设计单班平均转运垃圾 1 500 t/d。其过程是:当小型垃圾收集车进站后,经过称量计量,驶上二层卸料平台,将垃圾卸入垃圾贮槽内。垃圾转运车在一层与装箱机对接后,用锁紧装置将它们固定,然后利用压缩装置把槽内垃圾经装箱机推入与其对接的垃圾转运车的车厢(集装箱)内,随着箱内垃圾量的增加,装箱机的压缩机构对箱内垃圾有了压缩功能,直到达到设定的压力为止(见图 3-18)。这提高了箱内垃圾的密实度,从而保证了大型运

输车实现封闭、满载和大运量运输。

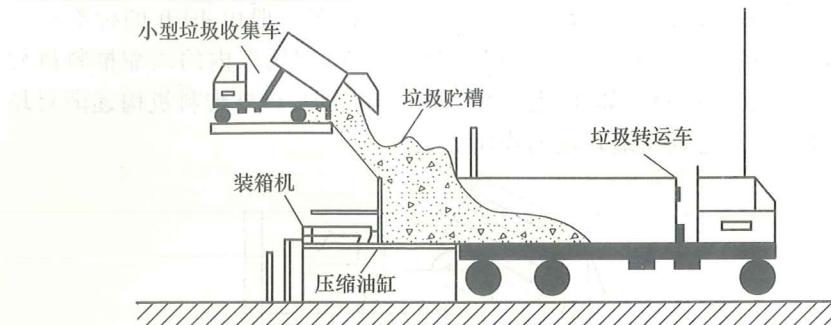


图 3-18 水平装箱式转运站作业图

② 坚直装箱式转运站。坚直装箱式转运站是一种很新颖的形式。垃圾收集车将垃圾送到转运站, 经称量计量后, 由坡道驶向卸料平台, 将垃圾卸入垂直的圆筒容器内。当容器内的垃圾达到一定量后, 利用悬挂在容器上方的压实器将容器内的垃圾压缩减容, 经过多次重复后, 直到容器内的垃圾量达到额定值, 关上容器进料门, 由站内专用运输车放平, 并转移到大型垃圾转运车上, 运往垃圾处理场。

两种装箱方式的工艺、作业方式各有特点, 对环境造成的影响及防止环境污染的措施亦不同(参见表 3-3)。

表 3-3 水平装箱式转运站与坚直装箱式转运站工艺技术比较

项目 / 转运站形式	坚直装箱式转运站	水平装箱式转运站
垃圾转运站技术	垃圾直接卸入容器, 停电时也能转运垃圾	垃圾先卸入贮槽, 再经推料机构和压实机构装箱, 停电时无法转运垃圾
压实垃圾的动力消耗	借助垃圾自重及压实器压实垃圾, 动力消耗低, 压实力最大为 300 kN	垃圾依靠压实机构压实并装箱, 连续工作, 动力消耗高, 压实力最大为 700 kN
容器和压实器的连接	不存在两者之间的结合结构, 压实器回位时, 被压缩的垃圾会反弹, 但不会掉出容器	集装箱和装箱机的出料口之间必须有定位锁定结构, 换箱解除锁定时, 垃圾会从接口处反弹到地面, 渗滤液也会流出, 易造成二次污染
容器进料门的启闭方式	由人工操作打开或关闭进料门的锁紧机构, 利用液压、机械机构来开启或关闭进料门	进料门的启动可由液压机械自动完成或手动均可

续表

项目 \\ 转运站形式	竖直装箱式转运站	水平装箱式转运站
垃圾分类收集的适应性	垃圾直接卸入容器，在转运站作业区有若干容器同时卸载，很容易实现垃圾的分类收集	垃圾先卸入贮槽，一个贮槽只贮存一种垃圾，使转运设备的利用率降低，管理亦困难，不易实现垃圾的分类收集
垃圾暴露的面积、时间和对臭味的治理要求	垃圾在站内暴露面积小，时间短，产生的臭味较易处理	垃圾在站内暴露面积大，时间长，产生的臭味较难处理
垃圾渗滤液的收集	在装箱过程中产生的渗滤液沉积在容器的底部，容器底部的密封机构可保证渗滤液不会溢出，可导出运至处理场处理	在装箱过程中产生的渗滤液会从箱体的焊缝处滴漏出来，在解除箱机连接时可能会从箱进料口溢出

由上表可见，竖直装箱式转运站在工艺技术及防止环境污染等方面具有优势，但是，需要实现容器状态由水平到竖直（或反之）的转换，设备投资高。容器由搬运车转移到垃圾转运车，需要较大的车辆调度场地，在占地面积有限的情况下，会缩小转运站绿化面积。

推入装箱式工艺选择要在符合环境事业总体规划的前提下，进行经济、技术、环保等方面的综合分析和协调，经全面评估后才能确定。

3. 压实装箱式

压实装箱式转运站的工艺流程见图 3-19。

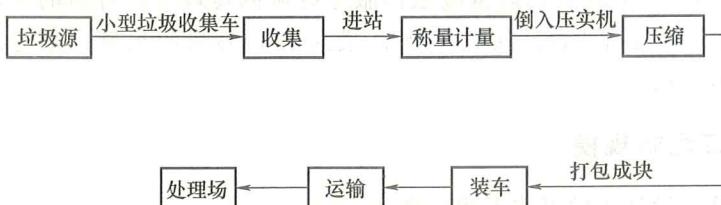


图 3-19 压实装箱式转运站的工艺流程

生活垃圾由小型垃圾收集车从居民垃圾源收集后送到转运站，经称量计量后卸到垃圾压实机的压缩腔内，压实机的压头在液压油腔的作用下对压缩腔中的垃圾进行压实，并打包成块，然后把成块的垃圾推入集装箱，再装上垃圾转运车运送到处理场。

压实装箱工艺与推入装箱工艺相比的特点是：前者压实机的压缩力比后者要高得多。压缩腔的结构强度、刚度要足够好，以实现较强的垃圾压缩，这使得

转运设备的价格高和结构复杂。在这种情况下,集装箱只是一个装载垃圾的容器,集装箱的结构可以简单,强度、刚度的要求可降低,这使得集装箱的造价降低。

第六节 垃圾转运站的工程设计

垃圾转运站是一种世界通用的环境卫生公共设施。为了符合国家有关法律法规的要求,也为了实现垃圾转运站设置的经济性和合理性,垃圾转运站的规划和设计必须标准化与规范化。许多国家和地区均制定了有关标准和规范,我国《城镇环境卫生设施设置标准》和《生活垃圾转运站技术规范》对垃圾转运站的建设作出了较为详细的规定,主要涉及工程规模、工程选址、工艺装备、环保措施及工程投资、建设机制等。转运站的建设应该应用系统工程方法,综合考虑各方面因素,制定科学的实施计划,在实施过程中要引入市场化机制。只有这样,才能充分发挥垃圾转运站的作用,才能促进垃圾转运站的推广和发展。

转运站的规模,即设备的处理能力,是由转运站服务区域内每日垃圾产生量决定的,并且要考虑满足服务区域内生活垃圾未来的变化趋势,以保证在服务期限内能够完成生活垃圾的转运任务。

一、转运站服务区域内生活垃圾产生量

《生活垃圾转运站技术规范》(CJJ 47—2006)第2.2.2和2.2.3条明确规定,转运站的设计规模和类型的确立,应在一定的时间和一定的服务区域内以转运站设计接受垃圾量为基础,并综合城市区域特征和社会经济发展中的各种变化因素来确定;生活垃圾转运量应根据服务区域内垃圾高产月份的平均日产生量确定;确定转运站的设计接收垃圾量(服务区内垃圾收集量),应考虑垃圾产生量的季节波动性。

二、转运站规模

转运站的设计规模可按下式计算

$$Q_D = K_s \cdot Q_c \quad (3-22)$$

式中: Q_D ——转运站设计规模(日转运量),t/d;

Q_c ——服务区生活垃圾收集量(年平均值),t/d;

K_s ——生活垃圾产生量的季节性波动系数,应按当地实测值选用,无实测值时,可取1.3~1.5。

无实测值时,服务区内生活垃圾收集量可按下式计算

$$Q_c = n \cdot q / 1000 \quad (3-23)$$

式中： n ——服务区内实际服务人数，人；

q ——服务区内人均垃圾产生量， $\text{kg}/(\text{人} \cdot \text{d})$ ，应按当地实测值选用；无实测值时，可取 $0.8 \sim 1.2$ 。

当转运站由若干转运单元组成时，各单元的设计规模及配套设备应与总规模相匹配。转运站总规模可按下式计算

$$Q_T = m \cdot Q_U \quad (3-24)$$

$$m = [Q_D/Q_U] \quad (3-25)$$

式中： Q_T ——由若干转运单元组成的转运站的总设计规模（日处理量）， t/d ；

Q_U ——单个转运单元的转运能力， t/d ；

m ——转运单元的数量；

[]——高斯取整函数符号；

Q_D ——转运站设计规模（日转运量）， t/d 。

三、转运站的设置数量

对于生活垃圾转运站的设置数量和密度，应按各个城市和地区的人口密度、垃圾产生状况和城市交通状况等因素确定。我国《城市环境卫生设施设置标准》规定：小型垃圾转运站每 $0.7 \sim 1.0 \text{ km}^2$ 设置 1 座，大、中型转运站每 $10 \sim 15 \text{ km}^2$ 设置 1 座。

应该指出的是，规定按服务面积来设置垃圾转运站只具有指导性意义，作为工程设计依据是不合理的。因为城市人口密度变化范围较大，而且随着我国经济建设的发展和环境要求的提高，生活垃圾收集范围必将扩大到市郊和乡村，在这种情况下，是无法按服务面积设置垃圾转运站的。此外，该标准规定的垃圾转运站服务范围过小。小型垃圾转运站的划分范围为 150 t 以下，若人均垃圾日产生量为 1 kg ，按每 $0.7 \sim 1.0 \text{ km}^2$ 设置 1 座转运站的标准，服务区人口密度可达 $15 \text{ 万人}/\text{km}^2$ 。即使在人口密集的日本东京地区，人口密度也仅为 $1.5 \text{ 万人}/\text{km}^2$ ，人均生活垃圾日产生量不足 1 kg ，平均 1 km^2 面积生活垃圾日产生量不足 15 t 。因此，应根据各地的具体情况，参照国内外应用实例来确定垃圾转运站的规模和数量，不能完全按照上述规定来进行垃圾转运站规划。

四、转运站的建设面积

在进行转运站的规划时，应确定垃圾转运站的建设面积。除操作和贮存场所的用地面积外，还应包括垃圾转运站与周围建筑物的隔离带和其他辅助设施的用地面积。我国规定转运站的用地面积根据设计转运量由表 3-4 确定。

五、转运站的选址原则

转运站的选址应符合城市总体规划和城市环境卫生行业专业规划的要求。

若转运站所在区域的城市总体规划未对转运站选址提出要求,或尚未编制环境卫生行业专业规划,则其选址应由建设主管部门会同规划、土地、环保、交通等有关部门进行,或及时征求有关部门的意见。

表 3-4 转运站用地面积标准

类 型	设计转运量 $t \cdot d^{-1}$	用 地 面 积 m^2	与 相 邻 建 筑 间 隔 m	绿 化 隔 离 带 宽 度 m
大 型	I 类 1 000 ~ 3 000	<20 000	≥ 50	≥ 20
	II 类 450 ~ 1 000	15 000 ~ 20 000	≥ 30	≥ 15
中 型	III 类 150 ~ 450	4 000 ~ 15 000	≥ 15	≥ 8
小 型	IV 类 50 ~ 150	1 000 ~ 4 000	≥ 10	≥ 5
	V 类 ≤ 50	$\leq 1 000$	≥ 8	≥ 3

转运站选址应避开立交桥或平交桥口旁,以及影剧院、大型商场出入口等繁华地段,主要是要避免造成交通混乱或拥挤。若必须选址于此类地段时,应对转运站进出通道的结构与形式进行优化与完善。

转运站选址还应避开邻近商场、餐饮店、学校等群众日常生活聚集场所,主要是要避免垃圾转运作业时的二次污染影响,以及潜在的环境污染所造成社会或心理上的负面影响。若必须选址于此类地段时,应从建筑结构形式上采取措施进行改进与完善。

六、转运站的建筑和环境

我国有关生活垃圾转运站的标准和规范对转运站的建筑结构、周围环境和辅助设施设备的设计作出了如下规定。

转运站的建设应重在实用,其建筑形式、风格、色调必须与周边建筑和环境协调,不宜太华丽、铺张。在满足垃圾转运工艺布置及配套设备安装、拆换与维护要求的前提下,转运站的结构形式应尽可能简单。为了保证垃圾转运作业对污染实施有效控制或在相对密闭的状态下进行,从建筑结构方面可采取的主要措施包括给垃圾转运车间安装便于启闭的卷帘闸门,设置非敞开式通风口等。

转运站内的建筑物应按生产和管理两大类相对集中,中间设置绿化隔离带,转运站的四周应设置由多种树种、花木合理搭配形成的环保隔离绿化带。各生产车间应配备相应的污染防治设施和设备,对转运过程产生的二次污染进行有效的防治。转运站对周边环境影响最大的主要是转运作业时产生的粉尘和臭气,因此,强化卸装垃圾等关键位置的通风、降尘、除臭措施更显重要。大型转运

站仅靠洒水车降尘或喷药除臭是不够的,必须设置独立的抽排风、除臭系统。

在总体布置上,应充分利用站址地形、地貌等自然条件进行转运站的工艺布置。对于高位卸料、设置进站引桥的竖向工艺设计,充分利用地形和场地空间非常重要。对于分期建设的大型转运站应为后续建设内容留出足够的空间,分期建设预留地必须能滿足工艺布局的要求,应相对集中。

第七节 固体废物的收运规划设计

生活垃圾从收集、中转、运输到处理构成了生活垃圾的处置系统。各个环节的合理配置、协调配合可获得最大的环境、社会和经济效益,相反则会造成环境污染、劳动条件的恶化和费用支出的增加。生活垃圾收运系统由收集、中转和运输三个环节组成,其硬件主要有各种收集和运输车辆(机械)、输送设备、转运设备及辅助设备(如收集容器等),而相应的操作规程、管理制度和作业方式等成为该系统的支持软件。生活垃圾收运模式的设计规划是在以下条件下进行的:
①已按照可持续发展要求确定了生活垃圾处理的方针、政策;
②对生活垃圾的产生量及成分作了预测;
③已经确定了生活垃圾处置方法及选定了处置地点。

生活垃圾收运模式设计内容包括:
①确定采用有中转收运模式或无中转收运模式;
②确定生活垃圾收集方式,即流动车辆收集或收集站收集;
③配置系统硬件(如车辆、转运站布点及设备等);
④制定作业规程。

设计城市生活垃圾的收运系统,首先要较为准确地了解垃圾的产生量变化情况及垃圾在产生源的平均密度。

一、垃圾产生量的计算和预测

要统计垃圾的产生量,首先要清楚垃圾产生的过程及去向。由于散落垃圾无法统计,垃圾统计工作一般只包括清运的垃圾,而散落的垃圾只能按一定的百分比估算,这将造成一定的误差。对于绝大部分未建立标准卫生填埋场的城市,垃圾处理场不设置地磅,垃圾清运量由车队上报环境卫生部门,以年清运量的形式进行统计。由于垃圾相对密度变化较大,造成单车有效载荷估计有一定误差,实际调查发现一般都估计偏高。对已建立标准卫生填埋场的城市,垃圾清运量可以从填埋场的地磅记录中精确得出,误差较小。

预测垃圾产生量所用的经典方法,是根据以往5年以上的统计资料进行线性回归得出回归方程,然后再基于回归方程进行预测。

二、收运容量计算

生活垃圾产生量确定后,收运容量可由垃圾的平均密度得出。垃圾平均密

度就是堆积密度或表观密度,即自然堆积、未经外力作用压实的单位体积的垃圾质量。目前,我国生活垃圾的堆积密度多为 $400\sim700\text{ kg/m}^3$ 。垃圾的平均密度因垃圾成分不同而差异较大。一般来说,若垃圾中的松散可回收物(纸张、塑料、罐头盒等)较多而湿度较小时,其堆积密度较小;而当垃圾中灰土瓦砾较多、湿度较大时,堆积密度也相应较大。随着我国城市生活水平的提高,生活垃圾平均密度呈现减小的趋势。图3-20和图3-21分别为武汉市生活垃圾平均密度年变化和月变化情况。

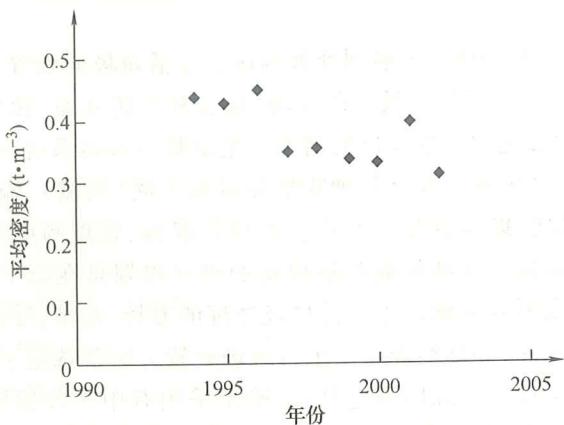


图3-20 武汉市生活垃圾平均密度年变化情况

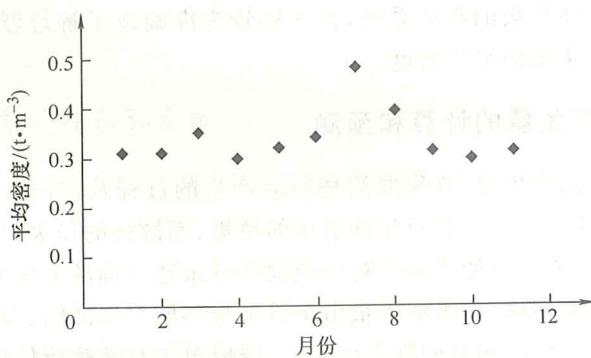


图3-21 武汉市生活垃圾平均密度月变化情况

第八节 转运站的定位

转运站的选址属于基础设施选址的范畴。对于基础设施的选址问题,许多专家与学者已进行了一系列的研究,建立了许多选址模型。下面简要介绍单物流中心的单个生活垃圾转运站的选址数学模型。

首先,将服务区划分为若干个小格。为划分简便,对研究的区域采用均匀划分的方法,按横坐标和纵坐标均匀划分。这样,每个小格的生活垃圾产生量和产生密度可以分别统计和计算,可以在小区域范围内认为是均匀分布的。可以证明,网格划分得越密,实际值就越接近计算值,这和有限元的原理是一致的。

拟选址转运站启用后的垃圾运输和处理总成本由垃圾收集运输、转运运输费用,以及转运站和最终处置场(厂)运行费用构成[见式(3-26)]。该式中,右端第1项为垃圾收集运输费用,其中运输距离按各网格中心与转运站的直线间距计;第2项为垃圾转运运输费用,其中运输距离按转运站与最终处置场(厂)的直线间距计;第3项和第4项分别为转运站和最终处置场(厂)运行费用。

$$F = k_1 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\sqrt{(x_1 - a_{ij})^2 + (x_2 - b_{ij})^2} \cdot c_{ij} \right) \\ + k_2 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(c_{ij} \cdot \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (x_2 - y_0)^2} \right) + F_{zz} + F_d \quad (3-26)$$

式中: F ——生活垃圾运输和处理总费用,元;

c_{ij} ——某网格内的垃圾处理量,t;

a_{ij} ——某网格中心处的横坐标,km;

b_{ij} ——某网格中心处的纵坐标,km;

k_1 ——垃圾收集运输的单位质量单位运距成本,元/(t·km);

k_2 ——垃圾转运运输的单位质量单位运距成本,元/(t·km);

x_0 ——垃圾处理场的横坐标,km;

y_0 ——垃圾处理场的纵坐标,km;

x_1 ——某转运站选址点的横坐标,km;

x_2 ——某转运站选址点的纵坐标,km;

F_{zz} ——所有垃圾的转运费用,元;

F_d ——所有垃圾的处理费用,元。

F_{zz} 和 F_d 这两项费用是常数,所以在优化计算时不予考虑,最终处置场(厂)位置固定。

一般, k_1 所占的权重比 k_2 大,原因分析如下。

①在生活垃圾收集过程中,收集车辆在一个收集点不能达到满载,需要负责几个收集点,必然造成车辆负重行驶较长的距离。

②收集车辆吨位较小,相对单吨运输成本较高。

根据式(3-26),求得当 F 最小时对应的 x_1 与 x_2 ,便可确定转运站的位置。实际选址时还应参照前述的《生活垃圾转运站技术规范》(CJJ47—2006)中的选址原则。

第九节 收运路线规划

在生活垃圾收集操作方法、收集车辆类型、收集劳动力、收集次数和作业时间确定以后，就可着手设计收运路线，以便有效地使用车辆和劳动力。收集清扫工作安排的科学性和经济性的关键就是合理的收运路线，国内外对此都十分重视。为了提高生活垃圾收运水平，不少国家都制定了垃圾车收运线路图。例如，德国的城市生活垃圾收运系统比较完备，各清扫局都有垃圾车收集、运输路线图和道路清扫图，收运路线图和清扫图把全市分成若干个收集区，明确规定扫路机的清扫路线，以及这个地区的垃圾收集日、收集容器的数量及其车辆行驶路线等。收集地区的容器数量和安放位置等在路线图上都有明确标记，司机只需按照路线图的标志，在规定的收集日按收运路线去收集垃圾或进行清扫作业。一般而言，收集线路的设计需要进行反复试算，没有能应用于所有情况的固定规则。

一、设计收运路线的一般步骤

一条完整的收集清运路线大致由“实际路线”和“区域路线”组成。前者指垃圾收集车在指定的街区内所遵循的实际收集路线；后者指装满垃圾后，收集车为运往转运站（或处理场）需走过的地区或街区。

在研究探索较合理的实际路线时，需考虑以下几点：①每个作业日每条路线限制在一个地区，尽可能紧凑，没有断续或重复的线路；②平衡工作量，使每个作业、每条路线的收集和运输时间都合理地大致相等；③收集路线的出发点从车库开始，要考虑交通繁忙和单行街道的因素；④在交通拥挤时间，避免在繁忙的街道上收集垃圾。

设计收集路线的一般步骤包括：①准备适当比例的地域地形图，图上标明垃圾清运区域边界、道口、车库和通往各个垃圾集装点的位置、容器数、收集次数等，如果使用固定容器收集法，应标注各集装点垃圾量；②资料分析，将资料数据概要列为表格；③初步收集路线设计；④对初步收集路线进行比较，通过反复试算进一步均衡收集路线，使每周各个工作日收集的垃圾量、行驶路程、收集时间等大致相等，最后将确定的收集路线画在收集区域图上。

二、设计收运路线实例

【例 3-1】 图 3-22 所示为某收集服务小区（步骤 1 已在图上完成），请设计移动式和固定式两种收集操作方法的收集路线。两种收集操作方法若在每日 8 小时中必须完成收集任务，请确定处理场距 B 点的最远距离可以是多少？

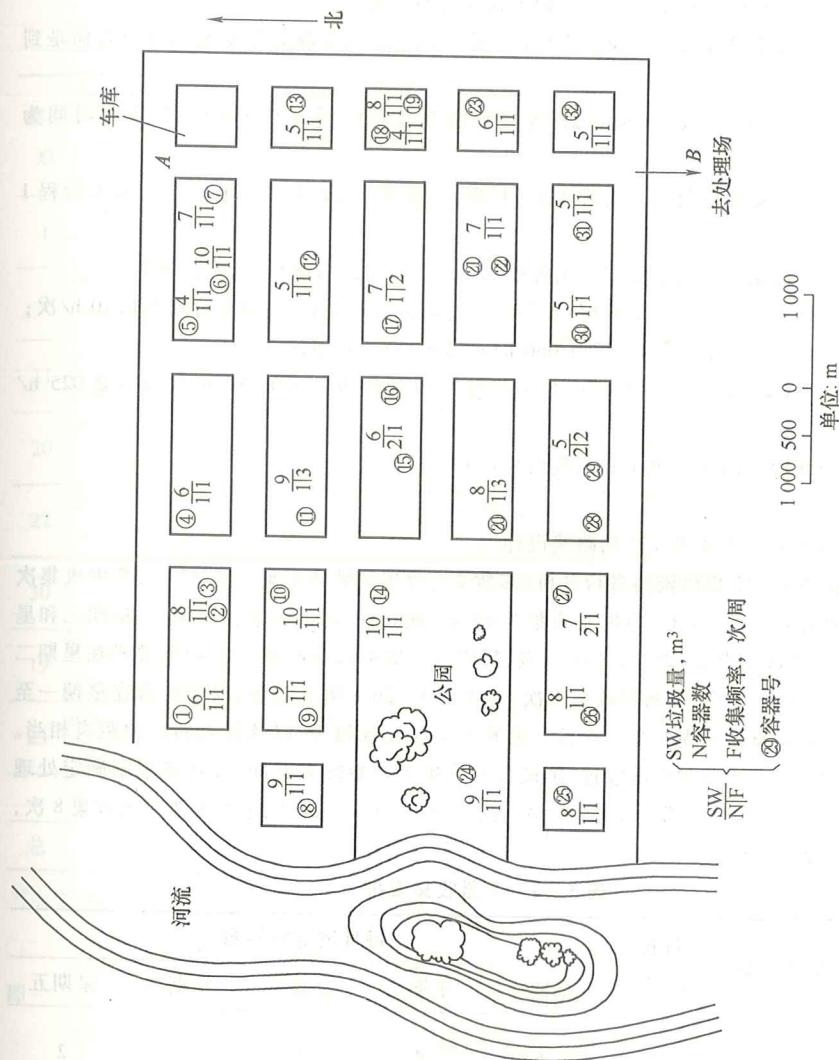


图 3-22 某住宅区地形图

已知有关数据和要求如下：

- ① 收集次数为每周 2 次的集装点，收集时间要求在星期二和星期五；
- ② 收集次数为每周 3 次的集装点，收集时间要求在星期一、星期三和星期五；
- ③ 各集装点容器可以位于十字路口任何一侧集装；
- ④ 收集车车库在 A 点，从 A 点早出晚归；
- ⑤ 拖曳系统收集操作从星期一至星期五每天进行收集；
- ⑥ 拖曳系统收集操作法按交换式进行[见图 3-2(b)]，即收集车不是回到原处而是到下一个集装点；
- ⑦ 移动容器收集操作法作业数据：容器集装和放回时间为 0.033 h/次，卸车时间为 0.053 h/次；
- ⑧ 固定容器收集操作每周只安排 4 天（星期一、星期二、星期三和星期五），每天行程 1 次；
- ⑨ 固定容器收集操作的收集车选用容积 35 m³ 的后装式压缩车，压缩比为 2；
- ⑩ 固定容器收集操作法作业数据：容器卸空时间为 0.050 h/个；卸车时间为 0.10 h/次；
- ⑪ 容器间估算行驶时间常数 $a = 0.060 \text{ h/次}$, $b = 0.067 \text{ h/km}$ ；
- ⑫ 确定两种收集操作的运输时间，使用运输时间常数为 $a' = 0.080 \text{ h/次}$, $b' = 0.025 \text{ h/km}$ ；
- ⑬ 两种收集操作的非收集时间系数均为 0.15。

解：

1. 拖曳容器系统收集操作法的路线设计

(1) 根据图 3-22 提供资料进行分析(步骤 2)：收集区域共有集装点 32 个，其中收集次数每周 3 次的有⑪和⑯2 个点，每周共收集 $3 \times 2 = 6$ 次行程，时间要求在星期一、星期三和星期五；收集次数 2 次的有⑰、⑱、⑲、⑳4 个点，每周共收集 $4 \times 2 = 8$ 次行程，时间要求在星期二和星期五两天；其余 26 个点，每周收集 1 次，其收集 $1 \times 26 = 26$ 次行程，时间要求在星期一至星期五。合理的安排使每周各个工作日集装的容器数大致相等，以及每天的行驶距离相当。如果某日集装点增多或行驶距离较远，则该日的收集将花费较多时间，并且将限制确定处理场的最远距离。3 种收集次数的集装点，每周共需行程 40 次。因此，平均安排每天收集 8 次，分配办法列于表 3-5。

表 3-5 容器收集安排

收集次数/周	集装点数	行程数/周	每日倒空容器数				
			星期一	星期二	星期三	星期四	星期五
1	26	26	6	4	6	8	2
2	4	8	—	4	—	—	4
3	2	6	2	—	2	—	2
共计	32	40	8	8	8	8	8

(2) 通过反复试算，设计均衡的收集路线(步骤 3 和步骤 4)：在满足表 3-5 规定的次数

要求条件下,找到一种收集路线方案,使每天的行驶距离大致相等,即A点到B点间行驶距离约为86 km。每周收集路线设计和距离的计算结果在表3-6中列出。

(3) 确定从B点至处理场的最远距离:按以下步骤计算。

① 求出每次行程的集装时间。因为使用交换容器收集操作法,故每次行程时间不包括容器间行驶时间。结果为

$$P_{\text{hes}} = t_{\text{pc}} + t_{\text{uc}} = (0.033 + 0.033) \text{ h/次} = 0.066 \text{ h/次}$$

表3-6 拖曳系统收集操作法的收集路线

集装 点	收集 路线	距离 /km	集装 点	收集 路线	距离 /km									
1	A至1 1至B	6 11	7	A至7 7至B	1 4	3	A至3 3至B	2 7	2	A至2 2至B	4 9	13	A至13 13至B	2 5
9	B至9 至B	18	10	B至10 至B	16	8	B至8 至B	20	6	B至6 至B	12	5	B至5 至B	16
11	B至11 至B	14	14	B至14 至B	14	4	B至4 至B	16	18	B至18 至B	6	11	B至11 至B	14
20	B至20 至B	10	17	B至17 至B	8	11	B至11 至B	14	15	B至15 至B	8	17	B至17 至B	8
22	B至22 至B	4	26	B至26 至B	12	12	B至12 至B	8	16	B至16 至B	8	20	B至20 至B	10
30	B至30 至B	6	27	B至27 至B	10	20	B至20 至B	10	24	B至24 至B	16	27	B至27 至B	10
19	B至19 至B	6	28	B至28 至B	8	21	B至21 至B	4	25	B至25 至B	16	28	B至28 至B	8
23	B至23 至B	4	29	B至29 至B	8	31	B至31 至B	0	32	B至32 至B	2	29	B至29 至B	8
	B至A	5		B至A	5									
总		84	总		86	总		86	总		86	总		86

② 利用式(3-4)及式(3-5)求往返运距

$$H = N_d (P_{\text{hes}} + S + a' + b'x) / (1 - w)$$

即 $8 = 8 \times (0.066 + 0.053 + 0.080 + 0.025x) / (1 - 0.15)$

$$x = 26 \text{ (km/次)}$$

③ 最后确定从B点至处理场距离。因为运距x包括收集路线距离在内,将其扣除后除以往返双程,便可确定从B点至处理场的最远单程距离为

$$\frac{1}{2} \left(26 - \frac{86}{8} \right) \text{ km} = 7.63 \text{ km}$$

2. 固定容器收集操作法的路线设计

(1) 用相同的方法可求得每天需收集的垃圾量;具体安排如表 3-7 中所示。

(2) 根据所收集的垃圾量,经过反复试算制定均衡的收集路线:每日收集路线列于表 3-8,每天收集的垃圾容积都 \leqslant 车辆容积(70m^3),即每天只需 1 个行程。A 点和 B 点间每日的行驶距离列于表 3-9。

表 3-7 每日垃圾收集量安排

收集次数 /周	总垃圾量 $/\text{m}^3$	每日收集的垃圾量/ m^3				
		星期一	星期二	星期三	星期四	星期五
1	1×178	53	45	52	0	28
2	2×24	—	24	—	0	24
3	$3 \times 17 = 51$	17	—	17	0	17
共计	277	70	69	69	0	69

表 3-8 固定容器收集操作法收集路线的集装次序

星期一		星期二		星期三		星期五	
集装次序	垃圾量 $/\text{m}^3$	集装次序	垃圾量 $/\text{m}^3$	集装次序	垃圾量 $/\text{m}^3$	集装次序	垃圾量 $/\text{m}^3$
13	5	2	6	18	8	3	4
7	7	1	8	12	4	10	10
6	10	8	9	11	9	11	9
4	8	9	9	20	8	14	10
5	8	15	6	24	9	17	7
11	9	16	6	25	4	20	8
20	8	17	7	26	3	27	7
19	4	27	7	30	5	28	5
23	6	28	5	21	7	29	5
32	5	29	5	22	7	31	5
总计	70	总计	68	总计	69	总计	70

表 3-9 A 点和 B 点间每日的行驶距离

星期	行驶距离/km	星期	行驶距离/km
一	26	三	26
二	28	五	22

(3) 利用式(3-9)和式(3-2)可以求出每次行程的集装时间本例中容器数(c_i)与集装点数(N_p)大致相等,以 c_i 代替 N_p 计算集装点间的平均行驶距离。从表 3-8 中可以看出,每天行程收集的容器数为 10 个,故容器间的平均行驶距离为: $25.5/10 \text{ km} = 2.55 \text{ km}$ 。

$$\begin{aligned}
 P_{\text{ses}} &= c_t \times t_{uc} + (c_t - 1) \times (a + bx) \\
 &= 10 \times 0.05 + 9 \times (0.06 + 0.067 \times 2.55) \text{ h/次} \\
 &= 2.58 \text{ h/次}
 \end{aligned}$$

(4) 利用公式(3-13)可求出从B点到处理场允许的最大往返运距

$$\begin{aligned}
 H &= N_d (P_{\text{ses}} + S + a' + b'x) / (1 - w) \\
 8 &= 1 \times (2.58 + 0.01 + 0.08 + 0.025x) / (1 - 0.15) \\
 x &= 165.2 \text{ km}
 \end{aligned}$$

(5) 确定从B点至处理场的最远距离为

$$(165.2/2) \text{ km} = 82.6 \text{ km}$$

第十节 危险废物的收集与运输

固体废物除生活垃圾外,还有危险废物和一般工业固体废物等,在它们的处理过程中同样涉及收集与运输环节。

一般工业固体废物中产自原料与能源行业的大宗废物(如钢铁渣、粉煤灰等),通常由产生企业采用就地或专用设施进行处理和利用,仅采用简单的点对点物流运输方式,没有特别的收集与运输问题;加工行业的边角余料类废物(亦称工业垃圾),由于产生源分布简单,物料无需特定的保护措施,因此可参照一般货物的收运方法进行物流运输。

危险废物,尽管产生源分布特征与工业垃圾相似,然而其危害性的物性特征,使其收集与运输需要采用特定的危害防护措施。《国家危险废物名录》中规定的危险废物有49类401种。例如,工业废物中的废酸、废碱,含铬、含铜、含砷、含汞、含铅废物,氰化物、废矿物油、感光废液、电镀污泥等都属于危险废物;日常生活中的废电池、灯管、显像管、空调、冰箱等都含有大量成分的危险废物。危险废物主要通过溶解、渗透、燃烧、风化、蒸发、扩散和升华等方式分别进入大气、土壤和水体中,从而对环境和接触人群造成直接或间接的危害。因此,在其收存及转运期间必须进行不同于一般废物的特殊管理。本节概要地讨论危险废物的收集贮存与运输方法。

一、危险废物的产生与收集贮存

(一) 危险废物产生特征

危险废物产生于工业、农业、商业各生产部门乃至人类家庭生活,其来源甚为广泛。表3-10列出了一些具有代表性的危险废物产生行业和废物类别。危险废物的产生部门、单位或个人,都必须备有安全存放危险废物的装置。一旦废物产生出来,应该迅即将其妥善地放进收集贮存装置内,并加以妥善保管,直至运出产地作进一步贮存、处理或处置。

(二) 危险废物收集和贮存

收集、贮存危险废物，必须按照危险废物特性分类进行，禁止混合收集、贮存和运输。

根据危险废物的性质和形态，可采用符合国家标准的不同大小和材质的专门容器进行包装或盛装。装运危险废物的容器应根据其不同特性而设计，不易破损、变形、老化，能有效地防止渗漏、扩散；必须贴有标签，在标签上详细标明危险废物的名称、重量、成分、特性，以及发生泄漏、扩散污染事故时的应急措施和补救方法。以下是可供选用的包装装置和适宜于盛装的废物种类：

表 3-10 产生危险废物的典型部门和产出废物类别

部门	废物产出地	废物类别
小型工业	金属处理(电镀、蚀刻、阳极化处理、镀锌)	酸、重金属
	照相业	溶剂、酸、银
	纺织加工	镉、矿物酸
	印刷	溶剂、染料、墨水
大型工业	毛皮制革	溶剂、铬
	铝土矿加工业	赤泥
	炼油业	废催化剂
	石油制造业	废油
	化学、药品工业	残留物、溶剂
	氯碱工业	含汞盐泥
商业、农业	车辆维修	废油
	机场	废油、废液等
	干洗	卤化溶剂
	电力变压器	多氯联苯 (PCBs)
	医院	病原体、传染病源废物
	农场	废农药
家庭生活	从家庭收集的废物	
	焚烧家庭废物产生的残余物	废电池、重金属等

- ① $V = 200 \text{ L}$ 带塞钢圆桶或钢圆罐，可供盛装废油和废溶剂。
- ② $V = 200 \text{ L}$ 带卡箍盖钢圆桶，可供盛装固态或半固态有机物。
- ③ $V = 35 \text{ L}, 40 \text{ L}$ 或 200 L 塑料桶或聚乙烯罐，可供盛装无机盐液。
- ④ $V = 200 \text{ L}$ 带卡箍盖钢圆桶或塑料桶，可供盛装散装的固态或半固态危险废物。
- ⑤ 贮罐。其外形与大小尺寸可根据需要设计加工，要求坚固结实，并应便

于检查渗漏或溢出等事故的发生。此类装置适宜于贮存可通过管线方式输送的散装液态危险废物。

放置在场内的桶或袋装危险废物可在地方主管部门许可下,由产生者直接运往场外的收集中心或回收站,也可以通过地方主管部门配备的专用运输车辆按规定路线运往指定的地点贮存或作进一步处理。前者的运行方案如图 3-23 所示,后一方案示于图 3-24 中。

典型的收集站由砌筑的防火墙及铺设混凝土地面的若干库房式构筑物所组成,贮存废物的库房内应保证空气流通,以防具有毒性和爆炸性的气体积聚产生危险。收贮的废物应翔实登记其类型和数量,并应按不同性质分别妥善存放。

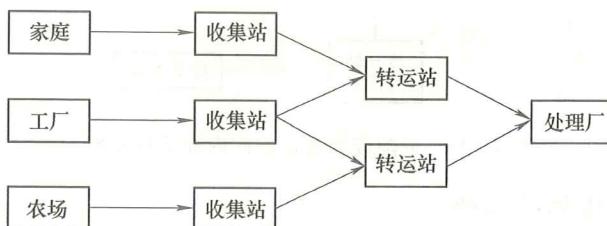


图 3-23 危险废物收集方案

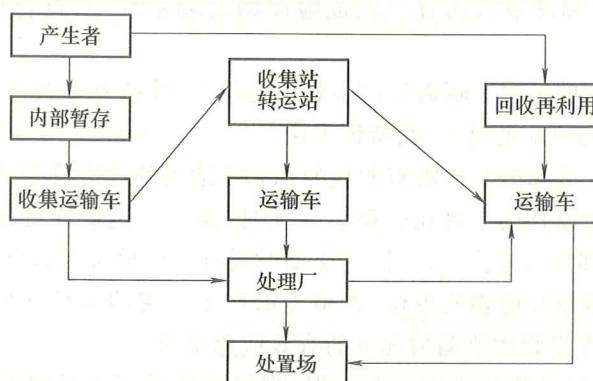


图 3-24 危险废物收集与转运方案

转运站的位置宜选择在交通路网便利的地域,由设有隔离带或埋于地下的液态危险废物贮罐、油分离系统及盛装有废物的桶或罐等库房群所组成。站内工作人员应负责办理废物的交接手续,按时将所收存的危险废物如数装进运往处理场的运输车厢,并责成运输者负责途中安全。转运站内部的运作方式及程序可参见图 3-25 所示。

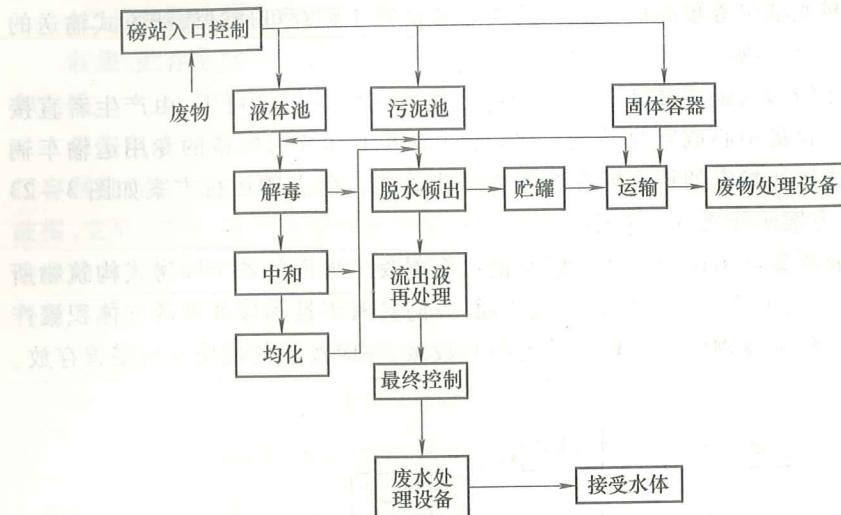


图 3-25 危险废物转运站的内部运行系统

二、危险废物的运输

通常危险废物采用公路运输作为主要的运输方式。因此,载重汽车的装卸作业是可能造成废物污染环境的重要环节。除此之外,负责运输的汽车司机必然担负着不可推卸的重大责任。在危险废物运输系统中,符合要求的控制方法是:

- ① 危险废物的运输车辆需经过主管单位检查,并持有有关单位签发的许可证,负责运输的司机应通过培训,持证上岗。
- ② 承载危险废物的车辆需有明显的标志或适当的危险符号,以为警示。
- ③ 载有危险废物的车辆在公路上行驶时,需持有运输许可证,其上应注明废物来源、性质和运往地点。此外,在必要时需有专门单位人员负责押运工作。
- ④ 组织运输危险废物的单位,在事先需作出周密的运输计划,并指定行驶路线,其中包括设定废物泄漏情况下的有效应急措施。

为了保证危险废物运输的安全无误,现已普遍采用文件跟踪系统(联单制度)。即在运输起点,由废物产生者填写一份记录废物产地、类型、数量等情况的运货清单报经主管部门批准;然后,交由废物运输承担者负责清点,并填写装货日期、签名并随身携带,再按货单要求分送有关处所;最后,将复写的联单交由产生者和运出、运达两地的主管部门检查,并存档保管。

我国现行的危险废物收集、运输联单制度具体如下:第一联由危险废物产生单位递交其所在地环境保护局;第二联由危险废物产生单位保存;第三联由危险废物处置场递交其所在地环境保护局;第四联由危险废物处置场保存;第五联由

危险废物运输单位保存。这种联单制度可有效地防止危险废物在运输时非法转移,是强化危险废物管理的重要制度。

思考题与习题

1. 固体废物收运过程由几个阶段构成? 各阶段的功能是什么?
2. 生活垃圾的收集方式有哪几种? 各有什么特点?
3. 拖曳式操作方法和固定容器收集操作方法有什么区别? 常见的生活垃圾收集设施有哪些?
4. 简述垃圾收运车的几种类型及我国垃圾收运车的发展方向。
5. 概述中转站的几种类型及各自的特点。生活垃圾中转站的建设应注意哪些问题?
6. 调查你所居住小区的生活垃圾收运情况,指出所存在的问题,并利用本章所学的知识提出重新规划垃圾收运系统的建议。
7. 某住宅区生活垃圾量约 $280 \text{ m}^3/\text{周}$,拟用 1 辆垃圾车负责清运工作,实行改良操作法的拖曳式清运。已知该车每次集装箱容积为 $8 \text{ m}^3/\text{次}$,容器利用系数为 0.67,垃圾车采用 8 小时工作制。试求:为及时清运该住宅区垃圾,每周需出动清运多少次? 累计工作多少小时? 经调查已知:平均运输时间为 0.512 h/次,容器装车时间为 0.033 h/次,容器放回原处时间为 0.033 h/次,卸车时间 0.022 h/次;非生产时间占全部工时 25%。
8. 某居民区人口 10 000 人,测算人均生活垃圾产率为 $1.0 \text{ kg}/(\text{人} \cdot \text{d})$,现采用容器式收集工艺,容器容积 $0.19 \text{ m}^3/\text{个}$;假定区域内人口分布密度均匀,为每万平方米 200 人,每个收集点服务半径按 50 m 考虑,垃圾容重为 250 kg/m^3 ,需设置几个收集点? 每个收集点设置多少容器? 若为此区域配套的清运车车厢容积为 6 m^3 ,单车每天的可用车次为 2 次,则需配套的车辆数为多少? 现如改用小压站,车厢容积不变,垃圾容重提高至 500 kg/m^3 ,则每年可节省多少车次? 单车次成本 60 元时,年节省多少费用?
9. 某生活垃圾转运站服务区域人口 10 万,人均垃圾产量 1.1 kg/d ,当地垃圾日产量变化系数为 1.3,试计算该站的设计垃圾转运量。

主要参考文献

- [1] Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil S. Integrated solid waste management: engineering principles and management issues. New York: McGraw - Hill, 1993
- [2] Christensen TH. Solid waste technology & management. New York: Wiley, 2010
- [3] Tchobanoglous G, Kreith F. Handbook of solid waste management. 2nd ed. New York: McGraw - Hill, 1993