

第八章 固体废弃物

Eugene A. Glysson

固体废弃物管理已从传统的注重收集技术和处置方法发展到一种注重源头削减和循环的综合方法。由于土地资源有限和法规日趋严格，环境工程师把研究的重点放在发展和应用先进的处置技术上。

固体废弃物不同于液体和气体，它们是被其使用者认为不再具有使用价值而抛弃的固体。几乎每种人类活动都会产生固体废弃物。它们的数量随着来源、季节、地理状况以及时间的不同而变化。

历史上，固体废弃物的处置主要是露天堆放，现在使用双层衬砌的填埋场以收集渗滤液和控制降解气体的释出。此外，堆肥和焚烧常用于处理污水处理厂的剩余污泥，这些技术同样也需要控制产生的污染物，如：渗滤液、堆肥产生的恶臭、焚烧炉产生的烟尘等等。

回收和再利用广泛应用于分离纸张、玻璃、塑料、磁性金属和非磁性金属固体废弃物。废弃物燃料可应用于生产能源，生活垃圾堆肥也可以作为一种土壤改良剂。

固体废弃物——来源和影响

丢弃固体废弃物的个人和组织称为废物源。废物对其源来说不再具有价值，但是通过回收和再利用，它们对其他人或组织来说具有一定的价值。

固体废弃物的产生量随着季节、地理状况、时间的变化而变化。本节将讨论不同来源的固体废物产生量，废物的其他特征将在其他章节讨论。

来源

固体废弃物按来源可分为生活垃圾和非生活性垃圾。生活垃圾主要是指家庭产生的废物，非生活性垃圾主要是指商业、轻工业和其他工业产生的固体废弃物。

生活垃圾的产生 生活垃圾的产生量通常采用每人每天的垃圾产生量（磅或千克）来估算。这种方法适用于估算处置装置和资源回收装置的大小，但不适于设计垃圾收集系统^[1]。

每个家庭（或站点）每星期垃圾产生量的年平均值称为 PPHW，用来估算垃圾收集系统。家庭在垃圾收集线路中是容易观察的单位。据美国国家环保局报告^[2]：在 20 世纪 70 年代，九个城市中每个家庭平均每星期产生垃圾为 46.2 至 71.0 磅，平均每个家庭每星期垃圾产生量的典型值估计是 57.3 磅。根据 1981 年的两项研究^[1]表明每个家庭每星期垃圾产生量为 48.7 至 52.0 磅，有一个州国家自然资源部门认为 PPHW 为 52.0 磅是合理值^[3]。1 磅等于 0.454kg。

家庭废物产生量的估计必须基于实际测量，这意味着在实际工作中应计算收集路线上的家庭数目并且称量收集到的废物，必须考虑到家庭房屋及其周围的整个区域，还应该考虑到一年中季节的不同。目前已经作出努力，使家庭的固体废弃物排放与一些可测量的因素相关联，它们包括家庭人口数、家庭的房屋数目、财产价值、生活区大小以及家庭收入。统计分析的结果表明家庭的人口数是最重要的因素。

家庭垃圾收集称量的结果表明，家庭每星期垃圾产生量可用下面的公式估算：

$$G = a + bP$$

式中：G 为每个家庭每星期的废物产生量；a，b 为由测量方法决定的常数；P 为每个家庭的平均人口数（见图 8.1）。

典型的 a 和 b 值可由具体的测量方法决定：

方法一： $a = 45.0$ $b = 3.3$

方法二： $a = 44.4$ $b = 2.8$

生活垃圾的产生量在一年中并不是固定不变的。美国国家环保局报告显示了来自全美的 11 个城市每个月的 PPHW 值。这些数据被简化为每月的垃圾产生量。表 8.1 给出了基于 11 个城市的每个家庭每月的垃圾产生量和最高、最低。这些数据以图表的形式展现在图 8.2 中。

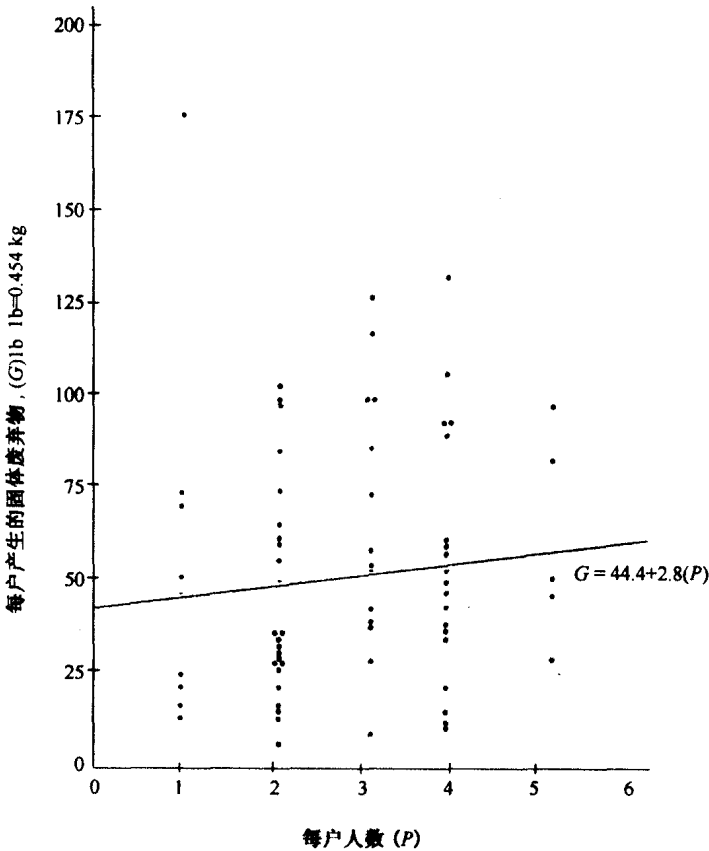


图 8.1 生活垃圾收集^[1]

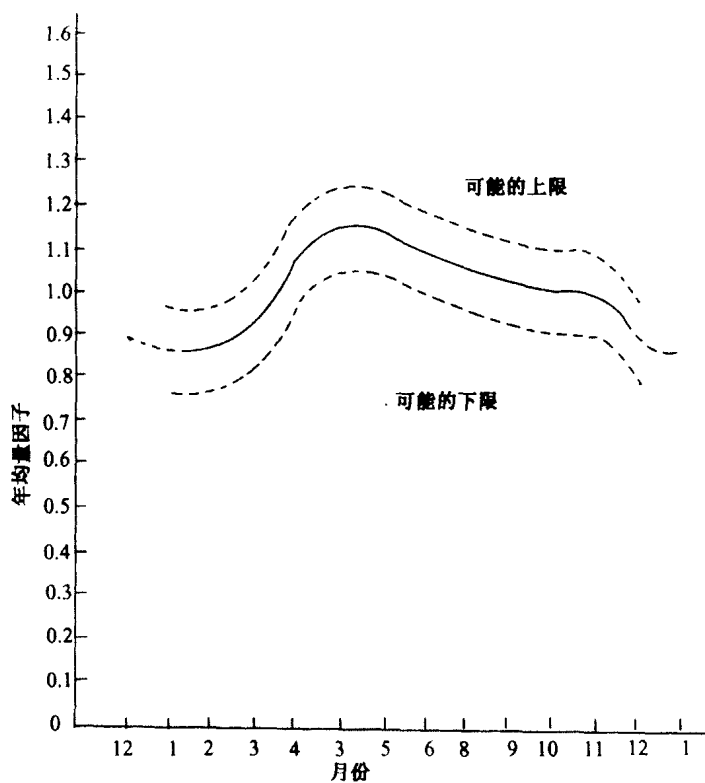


图 8.2 固体废物产生的月变迁^[2]

表 8.1 每月产生的固体废弃物年平均值^[2]

月	平均值	最大值	最小值
一月	0.876	0.983	0.786
二月	0.871	1.028	0.726
三月	0.972	1.123	0.872
四月	1.050	1.162	0.956
五月	1.125	1.256	0.986
六月	1.107	1.268	0.979
七月	1.085	1.163	0.991
八月	1.024	1.195	0.931
九月	1.010	1.083	0.922
十月	0.994	1.105	0.890
十一月	0.985	1.049	0.886
十二月	0.901	1.098	0.769

非生活性垃圾的产生 其他各种来源的废弃物可由许多方法来估算。这些废物的产生比率见表 8.2。

表 8.2 不同生产者的固体废弃物因子

生产者分类	整体废弃物因子
商业 (SIC50 - 99)	5.75 磅/人/天 (4)
工业 (SIC19 - 49)	10.6 磅/人/天 (4)
运输设备 (SIC 37)	20.5 磅/人/天 (5)
非电力机械 (SIC 35)	25.5 磅/人/天 (5)
电力机械 (SIC 36)	23.5 磅/人/天 (5)
医院	2~4.5 磅/人/天 (6)
照顾病人	8.6 磅/床/天 (6)
供应食物	2.7 磅/床/天 (6)
康复	6.4 磅/床/天 (6)
监狱	4.5 磅/人/天 (7)
有寄宿学生的大学	1.0 磅/人/天 (7)
无寄宿学生的学院	0.6 磅/人/天 (7)
办公楼	1.5 磅/人/天 (7)
多种寄宿公寓	2.7 磅/人/天 (7)
木材工业	151.0 磅/人/天 (4)
毁坏/建筑碎片	1.2 磅/人/天 (4)
街道清扫	0.3 磅/人/天 (4)
农业	13.0 磅/人/天 (4)
野营地	1.3 磅/人/天 (5)
家庭野炊	1.0 磅/人 (5)
团体野炊	1.16 磅/人 (5)
组织野营	1.81 磅/人/天 (5)
旅游区	
出租的小船 (带厨房)	1.46 磅/人/天 (5)
临时住房 (不带厨房)	0.59 磅/人/天 (5)
饭店	0.71 磅/餐 (5)
居民	2.31 磅/人/天 (5)
滑雪地区	
过夜寄宿 (设备齐全)	1.87 磅/人/天 (5)
白天寄宿 (设备齐全)	2.92 磅/人/天 (5)
观察点	0.05 磅/角度 (5)
接待中心	0.02 磅/人 (5)
海滨浴场	0.04 磅/人 (5)
看台	0.14 磅/人 (5)
管理处	1.37 磅/人/天 (5)

影响

固体废弃物普遍存在的性质使其不同于废液和废气。在我们生活的环境中，它们很容易被看见。废液总是很快被倾入下水道而从视野中消失，废气消失在空气中。然而，固体废弃物总是在我们的生活空间中储存、运输，对环境质量有巨大的、潜在的负面影响。

固体废弃物管理的环境影响从定点储存开始。固体废弃物的管理水平的高低对当地的环境有着深远的影响，废弃物储存不当会孳生很多昆虫和啮齿类动物，会面临火灾的危险，同时产生恶臭和视觉上的不适。定点储存更严格意义上是指将毒害作用最小化的储存，可应用的储藏器有电镀钢铁容器、塑料容器、用于生活垃圾的纸和塑料、用于商业和其他废物的钢制大体积储罐。对于生活垃圾来说，大多数场合使用一次性塑料和纸质袋子，其次是塑料容器，金属容器不适于储存生活垃圾。生活垃圾回收时要考虑减量化和尽可能的减少定点储存的不良作用。

垃圾的收集包括车辆的选择和高效率收集废物路线的选择。管理者通常必须对公众作出具体要求，是把垃圾放置在路边，由垃圾车收集；还是集中到垃圾储运站。

垃圾收集过程中要求垃圾车避免废物飞扬，空垃圾桶如果滚入路中则可能造成交通事故。各种废物处置过程和方法的环境影响将在后面的章节讨论。

固体废弃物的性质

任何处理固体废物的系统都必须能适应固体废物的多变性。固体废物的数量、组分、物理性质、化学性质受多种因素影响，随来源的社区、年代、季节的变化而变化，甚至每天的性质都有所不同。

研究固体废弃物的性质有三个基本目的：首先，经济分析、设计、管理和运行废物处理装置和资源回收装置，需要能反映废物的各不相同性质的数据。第二，废物不断更新的性质也决定了废物能被某设备处理的类型和数量。废物的性质总的来说与经济部门和立法部门的显著变化有关，这会影响到废物的产生。第三，对废物性质的了解可以对工厂最优化、排放管理、废物资源化设施的故障分析有促进作用。通过采样可以获知固体废弃物的总体性质，例如：样品的含水率和灰分影响废弃物的能值，其他参数可能影响废物的燃烧和燃烧产生气体的性质。

虽然这些规律被广泛的认识，美国和其他国家进行了许多研究，但是，没有建立标准方法和程序。每个研究者都使用自己的设计、创造来满足实际需要。因此，许多研究者都通过各种途径（联邦和州级机构、市政管理机构、相关工业、商贸协会、工厂管理者、顾问、学术专家、甚至市民）获得了相关的数据。

关注废物的性质首先需要选择样本的大小和样本的数量，保证样本能代表废物的性质；其次是关注实际的分析技术。

当废物产生者和废物利用者达成互惠的商业协议时，废物的性质就显得尤为重要。美国测试和材料协会(ASTM)对固体废弃物的测试有指导性的标准，能使测试的不确定性降到最小。

一些研究者致力于“自己家庭废物”的特征描述，希望它们能成为整个社会的典型代表，一些人随机地从其焚烧垃圾的储存库中获得样品，还有一些人从垃圾填埋厂中获得新倾倒的

废物样本。当建立资料可信度时，这样获得的样本，其大小、数量以及取样点都是不确定的。

考虑到需要描述大量的小尺寸样本，统计分析法被创立报道并应用于确定废物的成分以及其后的化学分析之中。众所周知，被丢弃的废物种类繁多，其大小、密度、可压缩性、松散度、膨胀性是很不均匀的，没有颗粒特性，不能流动，不能被混合但可分离。抽样调查技术经常用来获得代表性样本以用于分析，这种技术高度依赖于员工的判断能力。因此，它很容易地同时也是不可避免地产生偏差。在深入分析中，这种技术只是权宜之计。但当被测样品在大小和密度相当均匀的条件下，还是很有用的。

下面的章节将叙述用来描述城市固体废弃物抽样的两种方法。它们是：

- 承载货车抽样
- 定点抽样

为了垃圾能源化和分离物质回收而使用的抽样调查和化学分析方法和标准，在美国国家标准和材料测试标准以及《水和环境技术》卷 11 第 11 部分中都可以找到。

很多的标准方法也可应用于商业工业运输垃圾的分析，不过这些垃圾和生产流水线上产生的垃圾有区别。

ASTM 的出版物 STP832 中的《资源回收术语辞典》很有应用价值。

固体废物成分

城市固体废物 (MSW) 包括原料和产品。城市固体废物中的原料包括纸张、纸板、场院修剪物、玻璃、金属、塑料、木材和食品废物。除了食品废物和场院修剪物，每种都是许多产品的原料。在 1995 年，美国总共产生了 208 000 000 吨城市固体废物；表 8.3 提供了固体废物中原料的详细分类和质量组成^[92, 93]。

表 8.3 城市固体废物的原料的产生与回收^[93]

物质名称	总重 (百万吨)	重量百分比	回收重量 (百万吨)	回收率
纸张和纸板	81.5	39.2	32.6	40.0
玻璃	12.8	6.2	3.1	24.5
金属				
磁性金属	11.6	5.6	4.2	36.5
铝	3.0	1.4	1.0	34.5
非磁性金属	1.3	0.6	0.9	69.4
塑料	19.0	9.1	1.0	5.2
橡胶和皮革	6.0	2.9	0.5	8.9
织物	7.4	3.6	0.9	12.2
木材	14.9	7.2	1.4	9.6
其他原料物质	3.6	1.7	0.8	23.1
其他废物				
食物残渣	14.0	6.7	0.6	4.1
庭院垃圾	29.8	14.3	9.0	30.3
各种有机物	3.2	1.5	可忽略不计	可忽略不计
所有其他废物	46.9	22.5	9.6	20.4
总的城市固体废物	208.0	100.0	56.2	27.0

每种原料按一定比例被循环利用，其中包括堆肥。因为某些产品完全没有回收价值，所以一些产品的回收率要高于这种原料的总体回收率。例如，铝制罐的回收率大约为 60%，而铝的总体回收率大约是 35%。同样地，纸箱的回收率大约为 64%，而纸张的总体回收率大约为 40%。

城市固体废物中的产品主要分为三大类：(1) 耐用商品，如家用电器；(2) 非耐用商品，如报纸；(3) 容器和包装；(4) 其他废物，如食品废物和场院修剪物。这些产品废物包括了城市固体废物中的每种原料废物，表 8.4 概括地列出了产品的种类以及数量百分比，材料来源于 1995 年的固体废物特征表述研究。

表 8.4 城市固体废物中产品的产生和回收^[93]

物质	总重 (百万吨)	总重量百分比	回收重量 (百万吨)	回收百分比
耐用商品				
含铁金属	8.7	4.2	2.7	30.7
铝	0.8	0.4	可忽略	可忽略
其他非磁性物质	1.3	0.6	0.9	69.4
金属总量	10.8	5.2	3.6	33.1
玻璃	1.3	0.6	可忽略	可忽略
塑料	6.2	3.0	0.2	3.8
橡胶和皮革	5.2	2.5	0.5	10.3
木材	4.2	2.0	可忽略	可忽略
织物	2.3	1.1	0.1	50
其他原料	1.1	0.5	0.8	77.8
耐用商品总量	41.9	20.1	5.3	17.0
非耐用商品				
纸和纸板	43.5	20.9	12.7	29.3
塑料	5.1	2.5	可忽略	<1
橡胶和皮革	0.8	0.4	可忽略	可忽略
织物	5.0	2.4	0.8	15.8
其他原料	2.7	1.3	可忽略	可忽略
非耐用物质总量	57.0	27.4	13.5	23.7
容器和包装				
钢材	2.8	1.3	1.6	54.6
铝	2.0	1.0	1.0	51.6
金属总量	4.8	2.3	2.6	53.4
玻璃	11.5	5.5	3.1	27.3
纸和纸盒	38.1	18.3	19.9	52.3
塑料	7.7	3.7	0.7	9.7
木材	10.6	5.1	1.4	13.5

续表

物质	总重 (百万吨)	总重量百分比	回收重量 (百万吨)	回收百分比
其他物质	0.1	>0.1	可以忽略	可以忽略
所有容器和包装	72.9	35.0	27.8	38.1
其他废物				
食物残渣	14.0	6.7	0.6	4.1
庭院修葺垃圾	29.8	14.3	9.0	30.3
各种有机物质	3.2	1.5	可忽略	可忽略
所有其他废物	46.9	22.5	9.6	20.4
城市垃圾总固体废物	208.0	100.0	56.2	27.0

为了规划和工程设计, 固体废物成分的特征必须和地区及废物产生者有关。筛检和取样城市固体废物的两个重要因素是:

- 以回收和二次利用为目标分析固体废物中的组分。
- 以作为燃料和焚烧为目标分析固体废物中的组分。

为达到上述目标, 下述的表格被认为是切实可行的分类描述城市固体废弃物成分的好方法。

可燃性组分	非可燃性组分
新闻用纸	磁性金属
其他种类的纸	铝
手巾	非磁性金属
纺织品和衣料	玻璃
软塑料, 胶片	砖块
硬塑料	超大体积废物
食物残渣	
木材	
庭院垃圾 (玻璃碎屑)	
室内垃圾	

当把总的废物样本整理成为上述各组成要素并确定质量百分比时, 易燃组分的零散种类应被累加, 这样利于随后的实验分析, 以确定物质基本的燃烧性能, 诸如湿度, 热值, 灰分等。

采样方法

确定城市固体废物性质, 必须获得代表性的样品。样本选取的数量和大小根据废物尺寸、废物的组分以及被期望的信息可信度大小而定。

城市固体废弃物由很多物质组成, 某些种类含量多些, 某些要少一点; 大小尺度也不一。大量废物都具有这种不均匀性, 为提高样本特征描述的准确性, 必须要相对地增加被监测样

本的数量。除了某些废物体积很大以外，某些混合废物还会含有很多小而分散的成分，为了不让这些分散成分丢失，抽样时要选取体积尽可能大的样本。如果所有组分的含量比较一致，比如大约都是一蒲式耳混合物的含量，中等体积的样本就能代表全体废物。这种情况下就可以应用传统的样本统计分析法。

抽样调查的目标是确定废物的性质，通过将废物分成有代表性的组分，然后与其他研究者得到的其他地区废物的数据资料进行比较，再获得结论。

考虑到城市固体废物的可变性，要特别注意在获得样本的过程中避免误差。定时采样的程序应该能避免可能的外界影响，如：节日前或节日后，恶劣天气状况等。下面的抽样程序就是基于获取充分可重复的，完全随机的样品，因此可以获得高可信度水平的数据。

撇开抽样方法不谈，有必要建立一个社区采样区域，以及如何采样和采样时间。社区的规划者，连同负责废物收集和处理的人，都应该选出一个废物的组成成分可能会发生改变的区域。此种区域可能包括住宅区、共管区、连排住宅、单身家庭区、校区、永久居住区、暂居区等，以及其他社会经济因素。

如果没有当地的废物收集经验，在选取的区域内要安排每周一次的废物收集，以避免采样时间的变动以及在废物表征过程中可能产生的偏差。

荷载货车抽样调查

在事先规划好的区域内，每天随机地选择一辆荷载废物的货车，以它作为样本以对废物进行分类和特征描述。要限制荷载货车的总重在3~4吨（2.7~3.6吨），这也是每天可分类处理的废物量。这一抽样调查程序每天都要周而复始地做，一直到规划区域内的废物全被抽样调查并作了特征描述。每一个社区至少要被分成五个小地理区域。如果遇到坏天气，为了减少可能发生的偏差，合理的抽样时间间隔应是2~3天。

规划整理程序 进行废物分选的地方应在室内，要有充足的空间容纳收集来的固体废弃物，要有足够的地方很方便地让工人操作分选和试验抽样设备，还要有一便利的负重能力大约为225kg的平台。图8.3是一个典型的分选设备。分选区域要大约宽9米，长18米；利于通风；地板要平滑易清洗。旁边还要有容器或收集车，以利于废物的分选、称重、抽样后的清除。

在分选程序运行之前，必须事先联系废物收集者，每天随机地选择一辆垃圾车，在称重后将垃圾卸载在分选室。很可能还要让司机填写垃圾收集车调查数据表（如图8.4所示），详细地描述出货车运行路线、车号、油箱容量、车身净重等。城市垃圾收集车的司机大多是非常乐意合作的。分选区内所有垃圾收集车的毛重和净重都要纪录在案（从卡车上卸载下的实际重量要和分选后各物质总重进行比较；一般情况下前者要重于后者——因为在分选过程中水分要挥发掉一部分）。

在记录调查数据的表上应提供如下信息：表征废物重量；将废物的数量和性质与服务的居民区的人口、社会经济、年龄相关联。此种相关性对于社区内社会活动或服务设施的规划是有益的。

确定城市垃圾产生率的一个方法是路边称重法，不过城市垃圾产生量可能会受社区本身特性的影响。此方法简单迅速，关于该方法的进一步讨论放在本章节的最后部分。

下面所列的是前述分选程序运行时的必须设备：

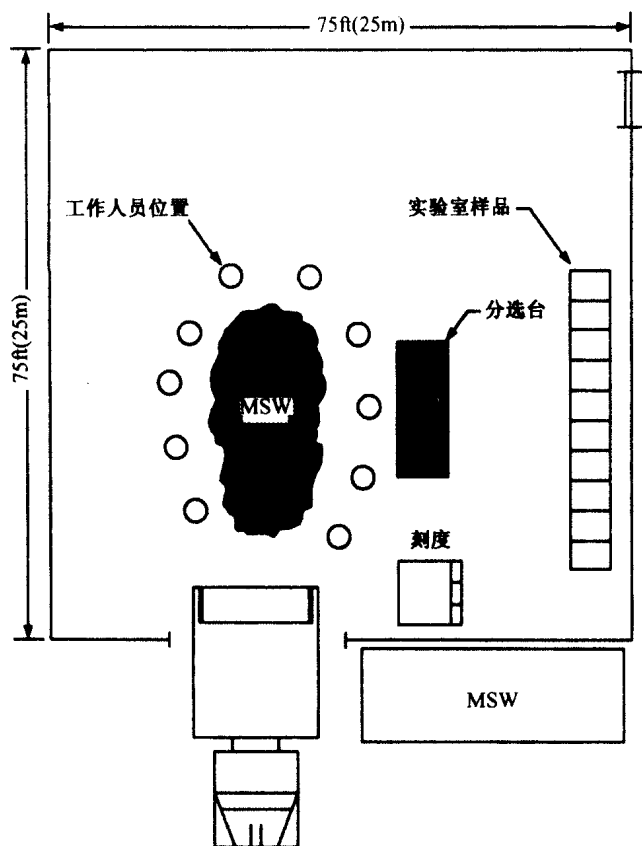


图 8.3 整车运输量分选设备布置

- 可移动的台秤，最大容重 500lb (225kg)，以 1/4 lb (0.1kg) 为刻度单位
- 20 个容积 32gal (120L) 的负重塑料容器，要装有脚轮利于移动
- 每个员工一套长袖工作服
- 4 把铁锹
- 2 把耙子
- 2 把结实的拖把
- 12 双耐磨不易穿孔的手套
- 每个工人一双靴子
- 100 个 4 毫米厚容积为 32 加仑的塑料袋，用于组分抽样
- 一个 3.5 米×1.2 米×1 米的分选台，筛孔面积 2.5 平方厘米
- 50 个硬板盒子，用于装样本
- 带子，标签，用以样本标号
- 2 个手持的磁铁，用于磁性材料和非磁性材料的分离

这一套分选抽样程序总共需要 10 名工人，包括主管在内。

垃圾收集车辆调查表

日期: _____ 时间: 8:10 天气状况: 多云

1. 社区名称: Inkester
2. 采样区在社区内的位置: 西南
3. 是否全部为居民区? 是的 多少商业部门? 很少
4. 居民区 (标明垃圾收集的起始 终止街区)
从: _____ 到: _____
5. 有关垃圾收集的任何异常情况? 有很多纸板箱
是否有大量的杂草? 废物多, 杂草少
体积大的废物是什么? 沙发, 桌子, 三把椅子
6. 每周收集的次数: (1) 2 3 (选一)
7. 垃圾收集公司: 市政
毛重: 49 800
净重: 22 900
卡车车牌号: 49 #
油箱容量: 50 加仑
油量: 1/4 1/2 满 (选一)
8. 其他内容: 社区有单身家庭, 还有一些花园公寓。

记录人: 乔·波尔

签 名: _____

注: 1 lb = 0.45 千克

1 gal = 3.8 升

图 8.4 垃圾收集车辆调查数据表

上述所列的设备应包括一便利的秤, 尽可能安置在靠近货车漏斗的旁边, 30Yd³ (20m³) 容器用来盛装经分选和抽样后的沉积下来的废物。分选区的大小应很容易容纳被表征废物的最大量, 试验抽样盒子应放在靠近平台的地方, 便于装样本。

分选机制 废物称重后, 收集车应把废物倒在地板的中央。工人推着装有脚轮的垃圾桶绕垃圾堆而行, 每个人都会挑选出组分列表所列出的相应物质。

废物中含量最多的物质总是率先被分选出来。垃圾桶装满垃圾之后, 由工人推着走到平台前倒掉, 然后空桶被推回, 继续分选垃圾。如此周而复始, 直到分选结束。

主管和称重工人负责装满垃圾的桶的净重称量, 并要把数据记录在数据表上。图 8.5 所示的是一个分选称重表的样本 (空桶的净重预先作记录)。负责称重的工人从相应的分选桶中选择最能代表所列的特殊成分的样品, 放在实验样本抽样袋中 (试验分析将在随后的章节进一步讨论)。抽样和称重后的分选桶被清空, 其中的垃圾倒入容器然后被扔掉, 空桶被送回分

选区，重复进行上述操作。一些超大体积的废物，如轮胎、床垫、梳妆用具、毯子，被列出来作为超大废物（即 OBW）单独分类并拍照存档。

原始废弃物特征取样（CAI）

记录人：分选称重

R. McGee

日期_____ 垃圾车编号 IN-49 垃圾来源 Inkster - (Inkster - Beech Daly 到 John Daly 街)

时间 上午 8:10 垃圾车总重 49 800 # 垃圾车净重 22 900 # 页码 1 共 8 页

物质	百分比 100	总重 22739	桶号（净重）															
1. 新闻纸	9	1961	63	47	43	60	40	34	58	51	25	75	69	66	55	70		
2. 其他纸品	25	5787	37	28	27	25	27	24	28	60	75	35	88	80	24	30		
3. 尿布	1	275	50	40	30	34	45	19	15	10	32							
4. 织物/衣服	5	1091	53	51	30	30	22	20	58	46	48	63	47	45	60	34		
5. 塑料（膜）	4	866	20	17	24	44	25	12	13	12	19	12	22	20	24	27		
6. 塑料（硬）	2	528	23	14	15	14	15	13	20	10	19	26	25	20	33	15		
7. 食物	4	787	60	80	60	60	47	50	60	35	55	99	48	49	52	32		
8. 木材	2	340	13	40	55	65	25	70	42	40								
9. 庭院废物	36	8203	48	65	48	98	64	60	107	75	99	88	40	82	104	68		
10. 扫拢的垃圾	1	257	105	90	62													
11. 铁	3	690	25	22	30	35	25	20	20	17	20	36	35	40	40	40		
12. 铝	0	37	17	20														
13. 非铁	0	108	70	38														
14. 玻璃	3	673	60	60	45	61	20	90	44	40	30	28	62	55	38	40		
15. 砖	1	152	37	115														
16. OBW	4	984	85	77	88	118	85	76	100	78	88	89	18	60	22			

备注：

车载废物净重量：22 900 #

分选总重量：22 739 #

差值：161 # 假定重量差值为分选及取样中的水分损失；

图 8.5 分选称重表^[14]

最初，所有的金属材料被放在同一分选桶中；然后，把同种的废物倒在干净的地板上，用手持磁铁以间歇产生磁性的方式分离出磁性物质和非磁性物质。按照前述的方法将重量记录下来。

当原来土堆般的废物体积减小到原体积四分之一时，要对粒径小于 15 厘米的小块废物进行过筛，分离细小的废物相当费力费时。因此，分选台（图 8.6 所示）变为上述操作的好帮手。在分选台周围放置至少四个分选桶，两三个人进行操作。其中一人，用铁锹铲出桶中废物倒在台面上，另一人从台面上进行分选。这种“流水线”操作方式省钱省时又准确。所有从 1 英寸（2.5 厘米）筛孔中漏下的颗粒要进行称重和标签，以利于作进一步的深度分析。

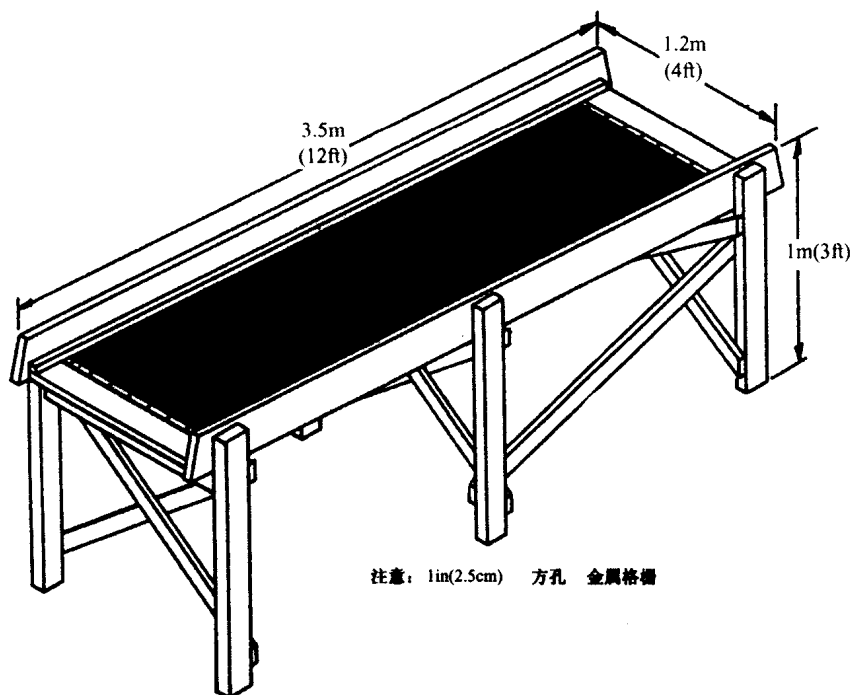


图 8.6 分选台

从分选桶中得到的废物净重总和要和收集车的废物收集净重总和作对比，质量的损失可能来自于白天分选过程中水分的挥发。尽管这种质量变化是很微小的（0.3%~3%），在假设的某种物质会吸收或挥发水分的前提下，以这种质量变化来做依据，提供一个水分损失调节值。

所有装东西的壶、罐和瓶都被假定是有毒的，必须密闭收集以进一步处理。一般来讲，它们包含的有毒物质很少，不会产生有害后果。

复合样品 为了进行实验室分析而取得代表性成分样品的步骤是：从每辆装载车中任意挑选 3ft^3 (0.08m^3) 的特定物质，把每个分离桶中的少量样品集中起来，就得到了用作实验室分析的十种可燃物质的合成样品。对于五天的样品分析计划，共有 50 个样。由于每天从分离桶中对于各种尺寸成分物质的挑选是任意的，因而就把潜在的偏差减小到最低限度。

每天快要结束时，盛有实验室样品的十个袋子必须安全密封。每个密封的袋子还要在另一个四立方厘米的塑料袋中再次密封，贴标签，称重，记录日期。重量记录在实验室样品表中（图 8.7）。再把这种双层密封的样品放入一个波状盒中，用塑料卷带密封、贴标签、贮存。制作样品的程序完成之后，盒装的实验室样品要在一周之内保存记录于实验室中。

原始废弃物特征取样（CAI）

记录人：实验室样品

R. McGee

日期

8/28/89

垃圾车编号

IN-49

垃圾来源

Inkster - (Inkster - Beech Daly 到 John Daly 街)

时间

垃圾车总重

49 800 #

垃圾车净重

22 900 #

页码

1

共

1

页

物质		种类 (wt %)	装袋 重量	实验室收到 日期	H ₂ O 分析			灰分分析			热容量			
					编 号	实 验 日 期	% H ₂ O	编 号	实 验 日 期	% ASH	编 号	实 验 日 期	H H V	
1. 新闻纸			15											
2. 其他纸品			13											
3. 尿布			16											
4. 织物/衣服			26											
5. 塑料（膜）			0											
6. 塑料（硬）			8											
7. 食物			14											
8. 木材			18											
9. 庭院废物			28											
10. 扫拢的垃圾			38											
其他														

备注：

1. 灰分分析：% ASH 是指不含水分的样本，原始样本的灰分 = % ASH_{MF} $\left(1 - \frac{\% \text{H}_2\text{O}}{100}\right)$

2. 热值分析是以不含水分为基础，原始样本的 HHV = HHV_{MF}

图 8.7 实验室样品表^[14]

此计划对每种废物成分分别进行处理。因此，每种成分的实验室参数分析结合在一起便形成了复合分析，从总体上描述了废物的特征。为了使数据具有可信性，主要应关注的因素包括数量、尺寸和实验室样品的代表性。

有必要对标号从 1 到 10 的可燃成分进行实验室分析以得到具有实际意义的数 据。标号从 11 到 16 的组分被认为是不可燃的，当它们在火炉中燃烧时产生的热量与灰烬（残渣）差不多。然而，在某些物品中存在表面水和可燃性物质，例如标签，贴花纸和涂料（颜料）。包装物可能含有一些有机残渣，包装材料也可能发生自身氧化。然而相对于总体，它们的重量

8.14

占的比重通常是很小的。可燃成分的重量所占比重很小，具体的实验室分析的复杂程度便不好确定。

数据总结

实验内容和实验所获得的数据以及经处理后它们之间的关系产生许多图表和表格，可把它们合在一起成为总结性图表和表格。

组成 表 8.5 和 8.6 表示的是五天计划中每天的废物成分组成以及它们组成的平均值。这些数据反映了前述各“分类”重量和“湿度调整”的重量。所以很容易得到它们之间的相互关系和一些推断，这些数据还可以反映“庭院废物除外”基础上的混合组分。最主要的庭院废物是剪下的草，用这种方法显示数据可以提供庭院活动较少的月份废物成分组成的指示。如果废物中庭院废物所占比重较大而且它的湿度很大（尤其是城镇家庭和郊区），这种信息尤为明显。庭院废物对于废物性质的影响是显著的。表 8.5 表明它约占总重的 40%，可燃成分的 48%，通常占水分的 70%。

表 8.5 每天废物组成重量分布^[14]

原始废弃物性质的取样和分析										
废物分选方案			8 月 27 日到 31 日							
总净重：65 800LB			垃圾车：DH452，IN-49，NA-20，WE-6S，B-234							
成分	27 日		28 日		29 日		30 日		31 日	
	重量 lb	重量 %	重量 lb	重量 %	重量 lb	重量 %	重量 lb	重量 %	重量 lb	重量 %
1. 新闻纸	822	6.84	1.961	8.62	1.250	8.64	853	7.94	402	7.96
2. 其他纸品	2 967	24.17	5 787	25.5	3 372	23.3	2 098	19.6	1 447	28.6
3. 尿布	156	1.30	275	1.20	152	1.05	108	1.01	4	0.09
4. 织物/衣服	219	1.82	1 091	4.80	797	5.51	425	3.95	80	1.59
5. 塑料、膜	277	2.31	866	3.80	545	3.77	259	2.40	85	1.69
6. 塑料、硬	1%	1.63	528	2.31	368	2.54	256	2.37	86	1.70
7. 食物	496	4.13	787	3.45	149	1.03	554	5.15	17	0.35
8. 木材	66	0.56	340	1.50	143	0.99	143	1.32	32	0.64
9. 庭院废物	5 444	45.2	8 203	36.1	5 232	36.2	4 866	45.4	2 034	40.2
10. 扫拢的垃圾	420	3.50	257	1.12	341	2.36	190	1.76	115	2.29
11. 铁	240	2.00	690	3.02	579	4.00	364	3.39	140	2.78
12. 铝	16	0.14	37	0.16	89	0.63	27	0.25		
13. 非铁	35	0.29	108	0.47	97	0.68	69	0.64		
14. 玻璃	455	3.79	673	2.95	494	3.42	276	2.56	285	5.64
15. 砖	19	0.16	152	0.67	724	5.02	30	0.28		
16. OBW	182	1.53	984	4.33	125	0.86	212	1.98	327	6.47
总量	12 010	100	22 739	100	14 458	100	10 730	100	5 054	100
垃圾车净重	12 200		22 900		14 500		11 000		5 200	
差值	190	1.56	161	0.70	42	0.29	270	2.46	146	2.18

注：1lb = 0.45 kg。

表 8.6 成分重量分布——5 天的组成^[14]

原始废弃物性质的取样和分析										
废物分选方案					8 月 27 日到 31 日					
5 天收集的组成					总净重: 65 800LB					
成分	矫正在采样过程中水分散失				不包含庭院垃圾					
	重量	重量	重量	重量	重量	重量	重量	重量	重量	重量
	lb	%	lb	%	lb	%	lb	%	lb	%
1. 新闻纸	5 288	8.14	5 322	8.09	5 322	9.12	5 322	13.4	5 322	16.4
2. 其他纸品	15 672	24.1	15 726	23.9	15 726	26.9	15 726	39.5	15 726	48.5
3. 尿布	695	1.07	835	1.27	835	1.43	835	2.09	835	2.58
4. 织物/衣服	2 612	4.02	2 644	4.01	2 640	4.52	2 640	6.62	2 640	8.14
5. 塑料, 膜	2 032	3.13	2 089	3.17	2 089	3.58	2 089	5.24	2 089	6.44
6. 塑料, 硬	1 434	2.21	1 449	2.20	1 449	2.48	1 449	3.64	1 449	4.47
7. 食物	2 003	3.08	2 194	3.33	2 194	3.76	2 194	5.50	2 194	6.77
8. 木材	724	1.11	755	1.15	755	1.29	755	1.89	755	2.33
9. 庭院废物	25 779	39.7	25 940	39.4	25 940	44.4	—	—	—	—
10. 扫拢的垃圾	1 323	2.04	1 421	2.16	1 421	2.43	1 421	3.56	1 421	4.38
11. 铁	2 013	3.10	2 013	3.06			2 013	5.05		
12. 铝	169	0.26	169	0.26			169	0.42		
13. 非铁	309	0.48	309	0.47	309	0.78				
14. 玻璃	2 183	3.36	2 183	3.32	2 183	5.48				
15. 砖	925	1.42	925	1.41	925	2.32				
16. OBW	1 830	2.82	1 830	2.78	1 830	4.59				
总量	64 991	100	65 800 ^a	100	58 372 ^b	100	39 860	100	32 431 ^c	100
差值	809	1.2			7 428	11.3 ^d	25 940	39.4	7428	

a 粗重;

b %粗重;

c 49%粗重;

d 非可燃组分——11 至 16;

注: 1lb = 0.45kg。

类似地, 数据总结可以包括也可以不包括非可燃性物质 (成分 11 到 16), 以便容易地反映出废物中有机物和可燃成分的构成。表 8.4 所显示的数据表明: 对于五天的组分, 不可燃成分仅占废物 (丢弃物) 总量的 11.3%, 如果不包括庭院废物, 则占 18.7%。

铁、铝、玻璃的重量百分比比其他报告中的值低, 甚至在不包括庭院废物时仍显得

低^[19]。或许这个值更接近实际或者反映了当地通过的“瓶子法案”所产生的影响。

其他的项目值得注意的是：食品废物所占比重较小（小于通常报告数值的1/3），铝、非铁性物质，尤其是玻璃所占比重较小（小于通常报告数值的一半），塑料所占比重较高（比通常报告数值高1/4），许多针织品、衣物、鞋袜含有（至少一部分）合成材料，把它们归类是很费力的。这些成分所占重量百分比通常比预想中的高（两倍）。

这种被称为“混合”的采样步骤减小了所有垃圾的体积。按照上述方法指定的组成就是所有垃圾的组成，这样采样量可以足够小。

如前面提及的，为了达到对总体收集区域了解的目的，收集车对具有各种特征的废物的选择是随意的。按这种方法，数据就可以反映出基于不同社会经济和年代的废物特征的变化。有趣的是，表8.5没有显示出组分含量百分比的显著变化，只显示出在特征分析中混合组分在不同场所的不太大的变化。

实验室分析 为了获得基础参数，必须进行分析。此计划选择的参数有湿度、灰分（惰性物质）、热值、硫、总氯和水溶性氯化物。分析步骤和方法必须遵循 ASTM 标准水和环境技术卷 11.04 第 11 部分中市政废物成分的统一标准。

湿度 表 8.7 显示了十种可燃成分每日的和平均的湿度数据。废物的高湿度值主要是由于高含水率的庭院废物成分所占比重较大。尿布和食品废物也如所料想的那样具有高湿度值。然而，出乎意料的是塑料薄膜也有较高的含水率（22%），这可能是由于广泛使用塑料袋包装大量剪下的湿草。因此，塑料薄膜的高含水率应当被认为主要是表面（自由水）而不是其内在固有的水分。

如果是在考虑 16 种成分的基础上，则这些值应重新计算和列表，其湿度为 42.1%，而不是 47.4%。把庭院废物除外重新计算，可燃成分五天的湿度平均值是 28%，其余 15 种成分为 22.8%。湿度变化范围较宽说明在报告湿度数据时应当小心，以免导致对废物特性的错误认识。

灰分 表 8.8 是有关可燃物质的固有灰分（干）的表格。高灰分含量的垃圾量很小而不太重要，塑料薄膜和庭院废物的灰分含量比预想中的高。然而，报告中每种成分的数据都不是绝对的。例如，对于塑料薄膜，肯定有附着在其上的水分、灰尘、草屑以及其他的小颗粒物，它们的重量较之本身很轻的塑料薄膜来说是很大的。总之，可燃成分在五天中的灰分平均含量为 8.75%（干重）被认为是低的，包括不可燃成分在内的所有接收到的物质的灰分含量为 15.4%，如果不包括庭院废物，则为 22%。

热值 表 8.9 报告的是在除去水分和灰分（MAF）的基础上每种成分的高级热值（HHV）。可燃性组分五天的平均值为 9 673 Btu/lb（22 500 kJ/kg），除去庭院废物时为 9 826 Btu/lb（22 850 kJ/kg）。这个数值比通常报告的偏高，除去水分和灰分的热值（MAF）能够方便地进行换算得到反映具体物质的固有水分和灰分的数值^[14]。

表 8.10 显示的是基本热化学数据的总结性表格，该表格是建立在全部包含或不包含庭院废物的基础上的。

硫和氯 如果考虑到合成材料样品燃烧过程中会形成潜在的酸性气体，则除了对其他组分的以上参数进行常规测定外，还应对硫和氯进行反复分析。表 8.11 和 8.12 显示的是对参考特征计划中获得数据的总结。