

# 城市垃圾粪便无害化处理 及其综合利用

北京市环境卫生科学研究所



化学工业出版社

## 出版说明

《城市垃圾粪便无害化处理及其综合利用的研究》是国家经委下达的“六五”攻关项目《环境保护和污染综合防治技术研究》的子课题〔65—37—1(4)〕。由城乡建设环境保护部委托北京市环境卫生科学研究所承担研究工作。1985年底整个研究工作全部结束，并通过了国家级技术鉴定。为使该项技术研究成果得到推广应用，现予以编辑出版，供城乡环境卫生管理部门、卫生防疫部门、科研单位的领导和科技人员，以及有关大专院校师生的参考。

城市垃圾粪便无害化处理及其综合利用的研究分为四个方面进行：垃圾堆肥、垃圾填埋、粪便无害化处理和垃圾粪便综合利用。该项研究工作分别由王建民、安志和、赵洋、郭玉清、张春环担任课题组长，并执笔写出了科研报告。报告由俞锡弟总工程师负责技术审查。另外，苏绍辉、贾玉珍、钱英、黄远峰、于殿卿同志在进行专题研究和撰写专题报告中作了大量的工作。施阳、边振同志参加了前期的试验，并作了大量工作。由于参加研究工作的人员很多，在这里不能一一列出，敬希谅解。

本书就是在《城市垃圾粪便无害化处理及其综合利用的研究》的研究报告的基础上加以整理编辑而成。

本书由于铎审校、谷令顺担任执行编辑。

限于编者水平，书中必将存在缺点和错误，欢迎读者批评指正。

编者

1987年12月

# 目 录

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| <b>第一章 绪论</b> .....               | ( 1 )   |
| <b>第二章 城市生活垃圾高温堆肥法的研究</b> .....   | ( 13 )  |
| 一、堆肥法的可行性研究 .....                 | ( 13 )  |
| 二、应用堆肥技术处理垃圾的研究 .....             | ( 51 )  |
| 三、堆肥的经济分析和社会效益 .....              | ( 85 )  |
| <b>第三章 城市生活垃圾的填埋技术研究</b> .....    | ( 91 )  |
| 一、调查报告.....                       | ( 93 )  |
| 二、填埋场设计及工艺.....                   | ( 99 )  |
| 三、填埋场的渗出液和土层衬里的研究.....            | ( 115 ) |
| 四、500m <sup>3</sup> 填埋场实验报告 ..... | ( 137 ) |
| <b>第四章 城市生活垃圾综合利用的研究</b> .....    | ( 146 ) |
| 一、堆肥品质及农业种植试验报告 .....             | ( 146 ) |
| 二、用垃圾养殖蚯蚓试验研究 .....               | ( 153 ) |
| 三、利用蚯蚓粪进行蔬菜和园林花卉种植试验 .....        | ( 161 ) |
| 四、蚯蚓与合成饲料养淡水鱼试验 .....             | ( 167 ) |
| 五、杨树叶培养食用菌的试验.....                | ( 176 ) |
| <b>第五章 应用高温厌氧消化技术处理城市粪便</b> ..... | ( 188 ) |
| 一、粪便处理的方法及其原理 .....               | ( 188 ) |
| 二、试验报告 .....                      | ( 209 ) |

## 第一章 绪 论

随着城市发展和人口增加，城市垃圾和粪便的排放量也不断增长。目前，我国仅设市300多个城市，每年产出垃圾6000万吨，粪便4000万吨，并以年10%的速度递增。由于垃圾粪便是人们生活中的必然产物，是城市有机循环的重要环节，其消纳和处理问题关系到千家万户，如果解决得不好，不仅污染城乡环境，危害人民健康，而且破坏城市风貌，影响我国的声誉。党的十一届三中全会以来，城乡经济繁荣，旅游事业迅速发展，给城市的卫生和市容提出了更高的要求。但是，长期以来，我国环境卫生事业发展不快，无论技术装备或队伍素质都不能适应国民经济发展和人民生活的需要，城市的垃圾粪便处理成为一个严重的社会问题。

我国城市垃圾大多数是运到城郊裸露堆放，不加任何处理的，只有个别城市正在进行垃圾和粪便处理的试验，总量不超过5%。更为严重的问题是，目前还有少数城市的垃圾堆积在市区得不到及时清运，以致，垃圾遍布，污水横流，蚊蝇孳生，臭气冲天。北京市是全国市政建设较好的城市，每天排出5000~7000吨垃圾，都堆放在市郊，形成了4500个50m<sup>2</sup>以上的大垃圾堆，占地7000亩，小垃圾堆则更数不胜数。南京市城郊公路两侧堆放垃圾20000多吨，秦淮河内倾倒了几十万立方米的垃圾，当被迫清理时，一次耗资达数千万元。贵阳市一个露天垃圾堆放场使邻近饮用水源的大肠菌群超过国家标准70倍以上，细菌总数超标2600倍……。

城市粪便的排放与处理，问题也较严重，据1985年调查，北京只有10%的粪便和污物进行了简易处理，其余都直接排入下水管道或运往农村。其他城市也有直接排入江河的。虽然城市新建住宅的粪便大都能纳入排水管网，但还有大量的简易民宅（特别是南方城市）的粪便还靠公厕、马桶，以粪车集运或直接排入江河，严重污染了环境和饮用水源。我国近年来一些地区寄生虫病和许多传染病流行的例子屡见不鲜，与粪便污染传播有直接关系。南京市某区小学生的寄生虫感染率达75%，郊区感染率达93%。南京市郊迈皋乡施用传染病院粪便的肥料，造成该大队70%的人口染上肝炎。因此，垃圾、粪便对环境的污染是值得各方面重视的。

世界不少国家对城市垃圾和粪便的处理已给予极大关注，投入大量人力、物力和财力，并收到了较好效果。日本在1980~1984年花费了4000亿日元处理垃圾粪便，1984~1986年增加到17600亿日元，七年间猛增了3倍。联邦德国、法、美等国每年用于垃圾粪便和污水处理的资金也都达到几亿到几十亿美元。国外处理垃圾的方式是：卫生填埋、焚烧和高温堆肥。如联邦德国采用卫生填埋方式处理垃圾占城市垃圾总量67%，焚烧占30%；英国卫生填埋占94%，焚烧占3%；法国卫生填埋占50%，焚烧占30%；日本焚烧较多，占64%，卫生填埋约30%。城市粪便一般都排入城市排水管道，再经污水处理场处理，达到卫生标准后排放。

我国城市垃圾成分与国外不尽相同，城市排水及污水处理的基础设施水平也与发达国家相差很远。因此，需要研究制定适合我国国情的处理方式和工艺路线。我国城市生活垃圾含渣土、厨房有机物（蔬菜）多、而可燃物质（纸、织物、塑料）少，不易燃烧，因此采用卫生填埋为主，适当采用高温堆肥的

处理方式较为适宜。为使城市垃圾和粪便的处理工作有一个较大的发展，以适应我国经济建设发展的需要。北京市环境卫生科学研究所通过城市垃圾粪便无害化处理及其综合利用的研究提出了解决我国当前迫切的环境卫生问题。以及城市垃圾和粪便的处理工艺和设备等比较可靠的科学方案。

现根据所研究的四个方面（见前言）内容综述如下。

### 一、应用高温堆肥技术处理城市垃圾

应用堆肥技术处理城市垃圾的研究，包括堆肥参数的研究、堆肥设备和工艺的研究三个部分。

堆肥参数的研究是通过50米<sup>3</sup>/次堆肥中试试验线和堆肥小试试验装置来完成的。堆肥工艺、设备的研究是通过50米<sup>3</sup>/次堆肥中试试验线的设计，建设和运转来完成的。

堆肥参数的研究包括：堆肥体中有机物含量、水分、碳氮比、耗氧量、温度、微生物、粒度等。重点对有机物含量、水分、碳氮比、耗氧量对发酵的影响进行了研究。

小试和中试表明，有机物含量对堆肥发酵的影响可以用能否正常升温作为衡量标准。小试共进行了八次，堆肥原料中有机物含量分别为10%、20%（2次），40%（2次）、60%、80%、100%。试验表明，含10%有机物的垃圾不能用于堆肥，含20%和100%有机物的垃圾也不理想，有机物含量为40%和60%的垃圾堆肥效果最好。50°C以上的温度保持天数较长，达7天以上。进行了7次中试，有机物含量分别为10%、20%（各2次）、21.5%、40%、90%。试验表明，有机物含量20%以下，肥堆温度不能升到50°C，当有机物含量在20%左右时，肥堆升温不均匀，仅中部能达到50°C以上。有机物含量为40%和90%的升温较理想。21次对有机物含量（25~70%）的试验结果表

明：若肥堆的有机物含量达到25%以上时，能比较理想进行发酵，达到了无害化卫生指标所需要的温度条件。

堆肥体中含水量的研究是通过测定堆肥发酵各阶段的含水量变化关系来进行的。研究表明，当原垃圾的含水量较高时，在堆肥最初的3~4天中，堆肥体的含水量通过渗透迅速下降到40%左右，在此以后含水量趋于缓慢、稳定下降中。

碳氮比的研究表明堆肥的最佳碳氮比为30:1左右。若碳氮比低于10或高于80都不能进行正常的发酵。北京市的垃圾的碳氮比一般在20以下（一般含有蔬菜的垃圾的碳氮比为24）。为尽可能提高垃圾的碳氮比，应采用分类收集方法，提高有机物含量，使碳氮比接近30。

耗氧量的研究表明，在堆肥的全过程中，耗氧的情况是变化的。堆肥体温度达到30°C左右时，剧烈耗氧开始发生。堆肥的剧烈耗氧状态一般维持5天左右。有机物含量小于30%，无剧烈耗氧状态出现。当有机物含量大于30%以上时，剧烈耗氧的继续时间基本上不变。堆体的温度不随剧烈耗氧的消失而迅速下降。通过这个研究，为工程上合理地控制透气频率和确定发酵周期提供了重要的根据。

研究结果表明，采用强制通风的发酵方式，一次发酵的周期定为10天比较适宜。

堆肥工艺设备性能的试验分析、比较，是对50米<sup>3</sup>/次堆肥作业线中的各堆肥设备逐项进行的、重点对板式给料机、链耙机、粪水流量调节器、筛分机、物料选别机等设备进行了研究。

对板式给料机进行了改进设计，加装了出料破碎装置，提高了供料效率和均匀性，解决了板式给料机输送混合垃圾时易发生堵塞的难题。

北京市环境卫生科学研究所研制成功了我国第一台垃圾堆肥专用设备——链耙机。通过300小时连续运转试验,机械性能良好。还设计和制造了堆肥系统中的粪便供给系统、双层振动筛和抛物选别机。为了检验堆肥工艺中的混合系统和筛分系统机械性能,进行了200小时的运转试验。通过研究,提出了适合我国国情的垃圾堆肥工艺。

## 二、应用填埋技术处理城市垃圾

对填埋的污染及防治技术进行了较详细的研究。其中重点是渗出液、衬里材料和填埋覆盖物三个方面。

渗出液的研究是通过测渗计的试验来完成的。试验分堆肥场和原垃圾堆两种,模拟降雨量试验共进行了10个月。每星期取样分析渗出液中pH值、化学耗氧量(COD)、总有机碳(TOC)、总氮(TN)、总磷(TP)和甲烷( $\text{CH}_4$ )等,大肠杆菌值,钠(Na)、钾(K)、钙(Cu)、镁(Mg)、铝(Al)、锌(Zn)、铁(Fe)、铜(Cu)、汞(Hg)、铬(Cr)、锰(Mn)、镍(Ni)、砷(As)、镉(Cd)、硝酸盐( $\text{NO}_3^-$ )、亚硝酸盐( $\text{NO}_2^-$ )、铵盐( $\text{NH}_4^+$ )等26种成分的含量。通过试验,发现他们在填埋过程中的变化规律。一般渗出液与国家饮用水标准相比较,铁含量超标40~200倍、锰超标17~19倍,汞超标29~32倍,砷超标4~11倍,铝超标1~4倍,铬超标4倍,总硬度超标1~2倍。有机质污染(TOC, COD)原垃圾大于堆肥垃圾约10倍。

污染最大值, TOC、COD出现的时间在第15天前后,总氮在第45天前后。对堆肥后的垃圾填埋来说,在半年以后(01)的污染出现第二个最大值。

衬里材料的研究主要是研究不同渗透系数和不同土质的土



壤对垃圾渗出液中的污染物的吸附过滤性能,为土壤作填埋场衬底材料提供设计参数。试验共分两组进行:一组为不同渗透系数土壤对污染物的吸附限度;另一组为不同比例的石灰复合土对吸附的影响。试验表明:土壤经垃圾渗出液淋洗后,土层的渗透系数从上到下有变小的规律,使抗渗能力比原土有所提高。

污染在土壤中分饱和区、过渡区,未污染区三部分。在饱和区和未污染区之间的过渡区中,有机质按线性梯度分布,粘土的有机质饱和浓度为0.69%,过渡区宽度为45厘米。粉壤土有机质饱和浓度0.50%,过渡区宽度大于70厘米。

粘土和粉壤土对铵态氮和 $\text{NO}_2^-$ 的吸附过滤效率较高,粘土优于粉壤土,但对 $\text{NO}_2^-$ 没有显示出过滤作用。按450公斤/米<sup>3</sup>垃圾填埋量计算:粘土对金属的平均吸附浓度(毫克/100克土)分别为:Fe: 1.504; Mn: 0.237; Cu:  $1.79 \times 10^{-2}$ ; Zn: 0.101; As:  $4.33 \times 10^{-2}$ ; Hg:  $2.6 \times 10^{-3}$ ; Cd:  $1.43 \times 10^{-3}$ ; Cr:  $6.67 \times 10^{-3}$ ; Pb: 0.0765。根据浓度在粘土中的梯度分布计算出过滤后的达标厚度; Hg为75厘米, As为55厘米。以上情况说明,粘土作衬里材料的过滤效果将明显优于粉壤土的过滤效果。

对碳作复合土衬里材料的过滤情况的研究表明,随着石灰浓度的增加,对COD、TN过滤效果下降,对TOD、Mg、Zn、Fe、Mn过滤效果增加,对Hg最初增加,以后明显下降,最大值为10%,对As无明显影响。

对填埋场选择进行的研究表明,选择一个填埋场主要应从地下水源的保护和经济性两方面考虑。

为防止填埋过程中的渗出液对地下水的污染,要对填埋场的水文地质情况进行了解,要弄清地下水的埋藏条件和补给、流向情况,地下水埋藏条件包括地质构造和特性。

从地质构造上讲, 填埋场应避免在断裂带地区。岩石的节理, 应选择剪节理地区。岩石的特性主要应考虑岩石的透水性, 地下水上部应有一定厚度岩石作隔水层。岩石的渗透系数应小于 $10^{-6}$ 。

从经济上考虑, 填埋场应选择在离城市较近的地点, 以尽可能减少运输成本。另一方面填埋场的面积形状、填埋方式和填埋高度也是决定填埋场经济性的重要因素。

### 三、应用高温厌氧技术处理城市粪便

应用高温厌氧技术处理城市粪便的研究是在已建成的中试发酵装置内进行的。对高温、中温和低温发酵技术分别进行了试验, 重点是高温发酵技术的研究。

就北京市而言, 未经处理的粪便含水量为98~99%, 大肠杆菌值为 $10^{-7}$ ~ $10^{-9}$ , 蛔虫卵死亡率平均为37.8%, 是传染肠道病的根源。

高温厌氧发酵技术的研究表明, 经高温厌氧发酵处理后的粪便的大肠杆菌值一般都大于0.111, 蛔虫卵死亡率达到100%, 能够达到国家规定的卫生指标要求。

处理后的粪便是一种肥料, 含全氮约0.4%, 铵态氮0.3% 含磷0.04%, 含钾0.06%, 每吨粪便中的肥料价值为4.3元。

在试验过程中, 高温发酵技术共处理粪便5103吨, 产生沼气44809米<sup>3</sup>, 按进料量计算产气系数平均8.78, 按池有效容积计算产气系数平均为0.43, 最高为1.05。

沼气成分为甲烷55~72%, 二氧化碳25~33%, 氮2.4~5%, 氧0.1~0.3%。

试验表明以投配率为5%~10%时产气率最高。

试验证明, 搅拌对产气率是有影响的。在日累计搅拌时间

接近时，产气量与日搅拌次数成正比。从试验结果来看，搅拌以每隔2小时搅拌1小时这种方式产气量最高。

发酵池中的污泥量对产气量也有影响，当污泥量控制在20%左右时，产气量最高。

中温厌氧发酵的试验表明，当投配率达到5%以上时，发酵后的粪便就不能达到无害化卫生标准。中温发酵时的产气量与高温发酵比较接近。

低温厌氧发酵的试验表明，对含水量为98~99%的城市粪便，处理后的粪便既不能达到卫生标准，又不能产生沼气。

上述情况表明，高温厌氧技术是处理城市粪便的有效方法之一。

#### 四、城市垃圾综合利用

城市垃圾综合利用的途径有如下一些方面。

1. 用堆肥后的有机肥进行田间种植试验，试验同时对堆肥产品的品质进行了分析。结果证明，堆肥产品是一种平均含氮为0.59%，磷0.18%，钾0.035%，并含有多种微量元素。对水稻，玉米、西红柿，大辣椒和大白菜五种作物进行试验，蔬菜类增产率为5.9~13.5%。粮食类增产极显著，增产率为14.7~76%。使用堆肥后的土壤也有好的变化，孔隙率增加2.9~4.2%，从而改善了土壤的疏松程度。同时土壤中的有机质和全氮、速钾成分有所增加。通过对土壤质地分析表明，使用堆肥后，小于0.01毫米粒径的颗粒含量降低0.2~11.4%，大于0.01而小于0.05毫米的颗粒含量增加0.2~4.8%，这说明垃圾堆肥也能增加土壤的通气性。总之，垃圾堆肥产品作为一种有机肥料施用于农田是利之举。

2. 利用人工养殖蚯蚓技术处理城市生活垃圾。该项研究

共进行了室内试验、室外越冬试验和室外养殖蚯蚓处理生活垃圾的试验。

室内试验取得结果是：蚯蚓对垃圾的吞食量，平均每条蚯蚓可吞食的垃圾量为体重的2.8倍，100万条蚯蚓每个月能处理垃圾约为24~36吨。

蚯蚓类肥料是很好的有机肥料，蚯蚓类肥料的肥效比原垃圾有明显提高，总氮增加37%，总磷增加777%，总钾增加1262%，有机质增加72%。

蚯蚓在不同饲料里生长和繁殖不一样，蚯蚓在垃圾堆肥中长得体大，色红，活泼，但繁殖率低。当加入其他有机废物时，蚯蚓的生长和繁殖都比较好。在73天试验中，蚯蚓在垃圾堆肥中增殖0.01~0.3倍；蚯蚓在垃圾堆肥中加10~30%的烂水果，增殖7~21倍；在棉籽皮中增殖30~40倍；在树叶杂草堆肥中增殖7~11倍。

蚯蚓体内含10~14%的蛋白质和多种氨基酸，是一种优良的饲料，用垃圾养殖的蚯蚓体内含有多重金属元素，所以不宜采用蚯蚓作为主饲料，仅可作为饲料添加剂。

蚯蚓能富集重金属，它身体中富集的镉是垃圾中镉的8.4倍。因此，可以利用蚯蚓的这种特性来降低垃圾中重金属的含量。

蚯蚓室外越冬试验是在放置地面上的 $0.6 \times 0.55 \times 0.8$ 的塑料箱中进行的。最低气温 $-14^{\circ}\text{C}$ ，箱内最低温度达到 $-2^{\circ}\text{C}$ 。蚯蚓的存活率在垃圾堆肥中为42.7%，在棉籽皮中为100%。这说明蚯蚓是能安全过冬的。如若保温条件更好，越冬后的存活率还能提高。

室外养殖蚯蚓处理生活垃圾的试验是在露天蚯蚓养殖池中进行的。池长12米，宽3米，高0.5米。池分成两部分，一部分

放入发酵后的垃圾，一部分放入生活垃圾。蚯蚓品种为太平2号，同时与棉籽皮养殖进行对照，其结果为：蚯蚓在原垃圾中增长3.92厘米，增重0.393克；在发酵后的垃圾中增长3.1厘米，增重0.245克；在棉籽皮中增长1.62厘米，增重0.132克。在原垃圾中75天增殖76.7倍，在发酵后的垃圾中增殖29.5倍，在棉籽皮中增殖13.3倍。

蚯蚓的吞食量在原垃圾中为体重的1.13倍，在发酵垃圾中为体重的2.95倍，在棉籽皮中为体重的0.825倍。

从以上情况可以看到，养殖蚯蚓处理城市生活垃圾不仅是一种切实可行的方法，而且可以把垃圾变成肥料。这是具有一定环境效益和经济效益的处理方法。

对比试验还证明，以蚯蚓类、垃圾堆肥、马粪作基肥，种植西红柿、萝卜、月季花、倒挂金钟、石榴花、文竹、侧柏七种品种，证实蚯蚓类肥料是一种优质的有机高效肥料。此种肥料养分全，肥效高，无臭，多孔，具有任何化学肥料不可比拟的优点。

3. 杨树叶栽培食用菌的试验。该试验的结果表明，杨树叶是一种富含作物养分的城市废弃物，其中含氮1.18%，钾0.07%，磷0.067%，碳氮比约37:1。

为开展杨树叶的综合利用，进行了以杨树叶为主料，棉籽皮为配料的食用菌种植试验。种植的食用菌为金针菇、糙皮侧耳和风尾菇三种。每种菌种进行配比选择试验和粉碎度选择试验。

从配比试验的生物学效率和菌丝生长情况来看，杨树叶的配比以60%为最佳，菌丝生长快，出菇多。三种菌种的出菇量以风尾菇为最高。糙皮侧耳次之，金针菇较差。但均比纯棉籽皮的差。试验用的粉碎度为0.1~0.5厘米筛孔直径。

从粉碎度试验的生物学效率和菌丝生长情况来看，杨树叶的颗粒大小以小于1厘米和0.1~1厘米两组的最好。其中风

尾菇的生物学效率比纯棉籽皮栽培的高13.3%。

由此可见，如果杨树叶的粉碎度和配比选择合理，栽种合适的菌种是能够取得高产的。从试验分析来看，杨树叶的粉碎度以0.1~1厘米为最佳，杨树叶的配比以60%为宜，种植的蘑菇以凤尾菇为最好。

从营养角度分析来看，以60%杨树叶和40%棉籽皮种植金针菇和糙皮侧耳的营养价值高于对照组，尤其是蛋白质，矿物质，氨基酸和维生素的含量最高，其中维生素B<sub>1</sub>高于对照组的327%。

对毒性鉴定，六六六和DDT的残留量低于食品标准。重金属分析结果，以60%的杨树叶种植的蘑菇的重金属含量也符合国家食品标准。

以上试验证明，用杨树叶种植蘑菇不仅是可行的，而且是富含营养的一种食品。种植蘑菇是处理城市特殊垃圾——树叶的一种行之有效的方法。

## 五、经济效益和社会环境效益分析

在研究工作中，对城市垃圾、粪便处理的成本费用，按试验工艺进行了计算。用堆肥方法处理垃圾总费用（含基本建设投资）约5元/吨。用填埋的方法总费用小于3.5元/吨。处理粪便总费用约5.5元/吨，若工艺改变，处理费用也会相应有所变动。因此，总体上看城市垃圾粪便的处理不会有直接经济效益。但是，城市垃圾、粪便无害化处理和综合利用仍有明显的社会效益和环境效益。

从社会效益和环境效益这两方面来分析，由于垃圾自然堆放经雨水淋洗和自然分解产生的渗出液将对地下水源造成严重污染，垃圾经堆肥和填埋处理后，渗出液得到了净化，可以有

效地控制渗出液对地下水源造成的污染。粪便经高温处理后，其中的病原微生物可以被杀死，从而消除了传染疾病的途径。

堆肥产品以及蚯蚓粪和处理后的粪便作为肥料施于农田，可以改良土壤，保持土壤结构的良性循环，有利于作物的增产。另外还可补偿垃圾处理部分运行费用。更重要的是垃圾粪便不再在城市周围随意堆放。有利于改善市容观瞻，净化城市环境。

## 六、结 论

通过对城市垃圾粪便无害化处理及其综合利用的研究，得出了如下结论。

应用高温堆肥技术处理城市垃圾是可行的。处理后的堆肥物能够达到无害化的卫生指标，堆肥产品是一种优良的有机肥料。因此，这是一种有推广应用价值的处理城市有机垃圾的方法。但是，建设堆肥工厂前，应建立连续运转的试验场，试验规模不宜太大，以50~100吨/日为宜，工艺应力求简化，以减少运行费用，将连续运转取得技术运转参数和建立了正常的销售网络后再推广应用。

卫生填埋技术是处理城市垃圾的一种有效的方法，填埋场经防渗等技术处理后，可以防止对地下水和周围环境的污染，这是每个城市都可以推广应用的一种处理垃圾方法。主要优点是建设周期短，处理费用低，处理环节少，效果显著。

高温厌氧消化技术处理城市粪便是一种行之有效的方法。处理后的粪便能达到无害化卫生指标，能作为肥料施于农田，沼气能作为能源使用。

蚯蚓是处理城市有机垃圾的一种有效方法，有利于垃圾综合利用。种植蘑菇技术是处理城市特殊垃圾——杨树叶的有效方法，有条件的地方可推广应用。

## 第二章 城市生活垃圾高温堆肥法的研究

### 一、堆肥法的可行性研究

为了能够科学地处理城市生活垃圾，并充分利用新技术，北京市环境卫生科学研究所对北京市生活垃圾的产量、成分、性质、危害及污染治理途径和堆肥技术在处理城市生活垃圾中的地位和作用进行了全面地研究。首先从调查入手。

#### 1. 垃圾产量

北京市区面积1369.9平方公里，人口553.1万●，日产生活垃圾6000吨，年产垃圾221万吨。但随季节的变化居民生活垃圾量也在不同地变化。表2—1列出了1983年对北京市138户居民和1984年对125户居民进行的定点调查结果。

表2—1 垃圾产量调查结果

单位：公斤/（人·日）

| 年 度 \ 季 度 | 一 季 度 | 二 季 度 | 三 季 度 | 四 季 度 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| 1983      | 0.713 | 0.530 | 0.430 | 0.770 |
| 1984      | 0.660 | 0.400 | 0.400 | 0.420 |
| 平均值       | 0.687 | 0.465 | 0.415 | 0.595 |

如果不考虑企事业单位，公共场所及商业所产垃圾，可根据表2—1提供的人均日产垃圾数量，再乘以553.1万人，则可得表2—2，并可绘出一年内随季度变化垃圾产量的变化趋势

● 1984年统计数字，1987年12月统计为566万人。



图，见图2—1。

表2—2 北京市区按季度分日产垃圾量变化趋势 单位：吨/日

| 一季度  | 二季度  | 三季度  | 四季度  |
|------|------|------|------|
| 3797 | 2572 | 2295 | 3290 |

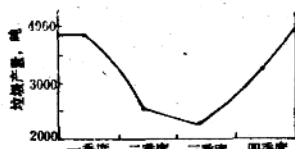
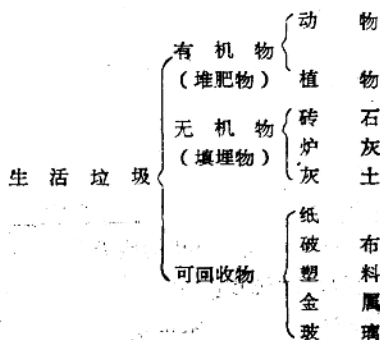


图2—1 北京市区垃圾产量全年变化趋势

## 2. 垃圾成分

垃圾成分极为复杂，除了垃圾构成及其物理属性和尺寸不同外，还含有许多种化学元素。调查结果如下：

### (1) 垃圾各种成分含量及变化趋势



通过调查数字可以看出，从1976~1984年垃圾中的动植物