

废物资源的利用

毛文永
余文涛

能源·环境丛书

(2)

北京能源学会

WUZIYUANDELIYONG

废物资源的利用

毛文永 余文涛

北京能源学会

1983年

内容提要： 本书所涉及的废物，主要包括：城市垃圾、下水污泥、以及部分工业废物。进行厌氧发酵及其它能源化利用，既消除了污染，又充分利用了资源；并介绍了有关工业废物厌氧发酵中的分析测定方法。

当今世界上，各种资源的紧张，尤其是能源的短缺将影响社会的发展。充分挖掘废物资源进行综合利用，其意义不仅保护了环境，而且可获得大量的能源，在经济上有效益。

本书可供从事能源、环境、城市建设、工厂企业的领导干部，技术人员，广大工人参考。并可供中等专业的师生参考。

废物资源的利用

毛文永 余文涛

编辑出版：北京能源学会

(北京西黄城根北街五号)

发 行：北京能源学会发行组

印 刷：北京市海淀印刷厂

工本费：0.60元

前 言

近几十年来，由于工业和城市的发展，人口向城市和工业区集中，人们在生产活动与生活中排出各种废物。这些废物堆积不仅占去了大片土地，还会造成土壤、水体和空气的污染。城市垃圾（生活垃圾、下水污泥和粪便等）中含有病原菌和寄生虫卵，垃圾孳生的蚊蝇，都会通过各种渠道传染疾病，危害人体健康。工业生产过程中排放的废渣、废水、废气是污染环境的有害物质。如何适当处置废物，保护环境是当前各国，特别是城市面临的重要问题之一。

工业生产与生活中排放的废物，不经处理不仅污染环境，而且是一种极大的浪费。有些废物，实际上是宝贵的资源。当今世界上，在能源短缺和危机，资源日趋减少的情况下，大力提倡综合利用资源，在生产的深度和广度方面开发废物资源，有着极为重要的意义。很多国家把“资源再利用”，“省能源化”，“废料资源化”做为一项重要技术经济政策提出，从而引起各国政府的重视。

我国制定了环境保护三十二字方针，“全面规划，合理布局；综合利用，化害为利；依靠群众，大家动手；保护环境，造福人民”。综合利用废物资源，是生产发展和科学技术发展的必然趋势；同时又促进科学技术的进一步发展。这些所谓的废物弃之为废，将其充分利用起来为资源。对于工业生产和生活中的废物采取单纯的消除，既浪费了资源，又消耗能源和投资。如果采取综合利用，化害为利，变废为宝的

途径，既得到了资源，又节约了能源，同时也减少了污染。因此，积极开展综合利用，做到环境效果，经济效果和节能效果三者的统一，将有利于促进我国社会主义现代化的建设。

为了促进废弃物的资源化和能源化，我们收集了有关国内外的一些资料和经验，汇集于此，以期进一步推动我国工业和城市废弃物的综合利用，减少污染改善环境，促使工业生产向纵深发展，开发新资源和新能源。本书汇编了有关城市垃圾、下水污泥，以及工业废水、废渣的处理过程中得到能源方面的资料，盼望能对读者及生产实践中有点参考价值。

本书在编辑过程中，得到申葆诚研究员的具体指教，在此表示感谢。另外，由于时间紧迫，以及编辑经验不足，错误之处望广大读者批评指正。

编者 1983年9月

目 录

前 言

一、城市废物概述	(1)
1. 排放与处理	(1)
2. 城市废物资源化问题	(2)
3. 城市废物能源化潜力	(3)
4. 城市垃圾能源化利用途径	(7)
二、城市垃圾能的利用	(11)
1. 焚烧余热的利用	(11)
2. 垃圾热分解制取燃料	(18)
3. 垃圾发酵制取沼气	(28)
三、下水污泥能源化利用	(29)
1. 污泥潜能及利用途径	(29)
2. 污泥焚烧废热的利用	(30)
3. 污泥热分解造气	(40)
4. 污泥消化与沼气利用	(43)
5. 污泥和垃圾混合处理及提能	(52)
四、发展生物能源——沼气	(56)
1. 生物能源的发展与利用	(56)
2. 我国农村的沼气利用	(58)
3. 厌氧消化法处理工业废物	(59)
4. 开发城镇沼气资源	(61)
五、治理污染发展沼气	(67)
1. 制革污泥厌氧发酵制取沼气	(67)
2. 糟液厌氧处理	(68)

3. 厌氧发酵法处理工业有机废水.....	(70)
六、工业沼气的利用及经济效益	(73)
1. 利用沼气发电.....	(73)
2. 利用沼气开汽车.....	(74)
七、工业废物沼气发酵中有关分析测定方法	(78)
1. 厌氧发酵产沼气常规测定项目的选择.....	(78)
2. 对厌氧发酵产沼气抑制物含量.....	(78)
3. 样品的采集与保存.....	(80)
4. 酸度的测定.....	(80)
5. PH值的测定	(85)
6. °BX的测定	(86)
7. 比重的测定.....	(86)
8. 悬浮物的测定.....	(87)
9. 固形物和有机物的测定.....	(88)
10. 磷的测定.....	(89)
11. 总含氮量的测定.....	(90)
12. 挥发酸的测定.....	(92)
13. 化学耗氧量 (COD) 的测定.....	(93)
14. 生化需氧量 (BOD) 的测定.....	(94)
15. 溶解氧 (DO) 的测定	(96)
16. 沼气中空气、甲烷和二氧化碳的测定.....	(98)

一、城市废物概述

1. 排放与处理

城市废物主要指城市垃圾和下水污泥而言。城市废物的排放量大，排放集中，对人口密集的城市环境影响甚大，是必须妥善处理的物质。

目前，城市垃圾的排出量很大。美国每年排出垃圾1亿8千万吨，平均每人每日排出2公斤；英国每年排出垃圾1400多万吨、西德2千多万吨，日本3400多万吨。人均排出量约每日1公斤。我国216个市，每年排出城市垃圾和粪便6400万吨。仅北京市每天收集的垃圾就有5千吨，外运粪便2400吨。这些垃圾如堆放起来，每年有一座半景山大。因此，城市废物的处置，是一个量大面广颇为棘手的问题。

城市垃圾的处置方法依国情不同而有各种不同的方法。美国土地辽阔，85%的垃圾用于填地，焚化处理仅占10%；日本国土狭窄，只有26.9%的垃圾作填埋处理，61%的垃圾进行焚化。西欧诸国有的以填埋为主，有的以焚烧为主。我国由于有使用堆肥的传统，多以垃圾还田和填埋相结合处置。不管采用什么处置方法，处理这些废物都需花费大量资金。我国现在每弃倒1吨粉煤灰需花费5元，弃倒1吨钢铁渣需3—5元，仅此二项，每年的弃倒费就得2亿元。北京的垃圾、粪便收送人员有2千多人，大小车辆几百辆，每年花费几百万元处理废物。即使如此，废物还未能全部得到

妥善处理。

废物的处理要求无害化、安定化，节省开支，防止污染。对于含毒、易燃、易爆、腐蚀和高放射性废物，更应妥善处理。医院排出的垃圾和粪便，因带有很多致病病原体，混在一般垃圾中，会造成环境污染，传染疾病，危害人体健康，因而需作分别或特殊处理。这些要求，都增加了废物的处理开支。近年来，开始从废弃物中回收有用物质，补偿处理的花费，成为一项颇受注意的事业。自从1973年石油输出国组织（OPEC）提高石油价格以后，出现了世界性能源和资源短缺问题，废物的资源与能源利用才获得长足进展，受到普遍重视。

2. 城市废物资源化问题

七十年代以来，美、英、西德、法、日等发达国家，对城市固体废物的认识有了很大转变，把城市垃圾誉之为城市矿，对固体废弃物由单纯的丢弃、填埋、焚烧转向资源循环利用的方针。美国1965年通过的“固体废物处置法”，到1970年修改为“资源回收法”，1976年进一步修改为“资源保护再生法”。充分说明这种认识上和行动上的转变。

发达国家城市的典型垃圾约含有可再生物质17%，其中玻璃占10%，铁占9%，铝和非铁金属占10%，此外尚含有65%的可再生燃料（RFD）可供利用。这样的垃圾具有很高的回收价值。由垃圾回收可再生物质的收益可达3.30—7.16美元/吨。日本有四分之一以上的城市开展了从垃圾中回收物品的活动，1976年回收废物3900万吨，占当年排出废物量的49.5%。这一年，日本仅从垃圾回收的物质就价值6亿6

千万美元。英国每年从垃圾制品获得28亿美元的收入，并有2亿多美元的垃圾制品出口。美国制定鼓励回收废物的政策，对于废物再生产的产品在税收上特别优惠，降低废物及再生产品的运费，限制一次使用性容器的生产。美国环保局在全国设立了3千个资源能源物质回收中心，废物利用工业一年的收售额达7亿美元。

从城市废物中回收可再生物质对于节能亦有重大意义。从1万吨废钢铁中可以炼出9千吨好钢，能节约铁矿石两万吨，石灰石5千吨，优质煤1万吨。从废熟铝中炼1吨铝，比用铝矿石炼铝的成本降低85%。1吨废杂铜一般可提炼860公斤电解铜，比从铜矿石炼铜节电260度。1吨废聚氯乙烯，回收利用可生产鞋底4千双，节约增塑剂200—300公斤，节约电力5千度。1吨废橡胶可产再生橡胶800公斤。1吨废玻璃回炉制成平板玻璃或制成酒瓶，比用新原料生产这些产品节约纯碱200公斤、石英砂720公斤、长石粉60公斤、煤1000公斤、电400度，降低成本20%。用回收的废纸造1万吨再生纸，可以少伐2.4平方公里的森林。这些回收价值，对于资源和能源日益紧缺的世界，无疑是有巨大意义的。

我国城市对废书报纸、垃圾中的废金属、废塑料等也实行回收利用，有比较健全的废旧物资回收系统。仅北京市就有48个废品回收站，设有几百个收购网点，历年收购废物500万吨，为工农业生产提供了原材料，但是，我国的回收方法原始落后，回收效率还有待提高。

3. 城市废物资源化潜力

城市垃圾成分是消费水平的镜子。在五十年代，发达国

家的垃圾主要由厨房垃圾、炉灰、生活用废物以及建筑砾石、树木落叶等组成。但是，随着生活水平的提高，垃圾成分也在逐渐变化，垃圾中有机成分所占比例越来越大。特别是商品包装化的发展，使废纸成分大幅度上升。相反，垃圾中的灰分因燃料结构的改变而越来越少。1950年时，法国城市垃圾中有机成分占52.3%，到1970年，增加到66.4%；同时无机成分却由50年的47.7%降到70年的33.6%。又如日本横滨市的三个垃圾处理场，1964年时，垃圾发热量只有850千卡/公斤，到1973年，垃圾发热量上升到1810千卡/公斤(图1-1)，上升2倍以上。发热量的上升主要是家庭垃圾中有机物的增加造成的。

在各主要资本主义国家，目前垃圾的成分基本上是有机物多于无机物。西德城市垃圾中的纸平均达20—40%，有机厨房垃圾占30—50%。意大利罗马市的垃圾成分为：纸占18%，有机物质占38%，细有机物质占12%。美国也一样(表1-1)，

表1-1 美国城市垃圾的组成

种 类	百分比 (%)	种 类	百分比 (%)
碎 纸	30	塑 料	4
庭院垃圾	20	皮革、橡胶、纤维类	5
厨房垃圾	17	木 片	3
玻 璃 类	10	其 它	1
金 属 类	18		

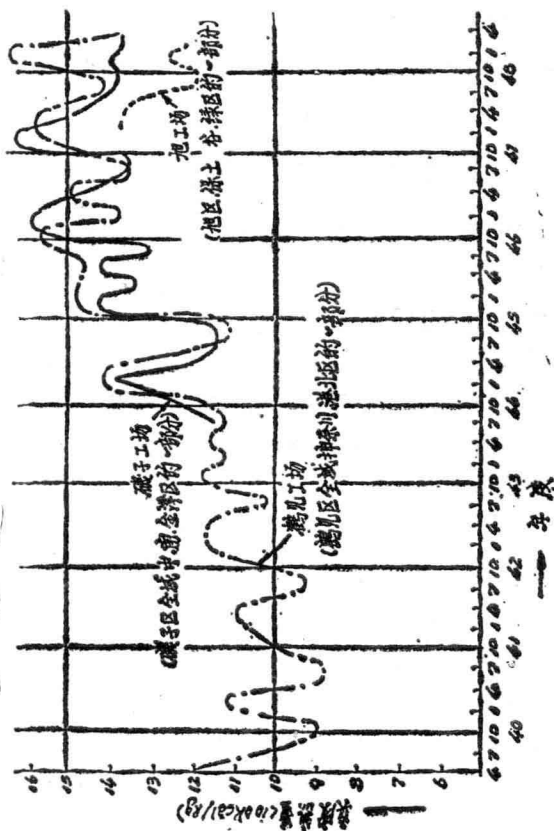


图 1-1 横滨市垃圾发热量的变化
(1965—1973年各季度的平均值)

垃圾中的有机物多于无机物。

在垃圾逐渐变得有机物化的同时，垃圾的排出量也与日俱增，迅速发展。据日本统计，日本城市居民每人每日的垃圾抛弃量最近十年增长了一倍。英国城市垃圾产量15年内亦增长一倍。美国城市垃圾的排出量也在增加：1974年为12,200万吨，1977年上升到14,800万吨。垃圾排出量每年都以2~3%的比例增长着。

城市垃圾可燃性有机物成分的增加和排出量的增长，为垃圾的能源化利用奠定了基础。由于发达国家城市垃圾含再生燃料(RDF)达60-70%，因此热值较高，具有作为燃料的价值。象美、日、德这些消费水平较高的国家，大约两吨垃圾的热值就相当于1吨煤，垃圾的热值与褐煤和油页岩相近，但垃圾的含硫量极低(约0.1%)，是其它燃料无可比拟的，而且垃圾又集中于耗能最多的城市，并且是一种永不枯竭、可以持续开发的资源，因此，城市垃圾作为一种替代能源，受到普遍的重视。

城市垃圾所蕴藏的能量到底有多大？据日本资源厅1980年的统计表明：日本1977年排出垃圾所含的能量相当于当年石油进口量的2%，占民用部门能源消费量的10%。如果换算成电力，则相当于 8.06×10^8 度。这确实是一个不小的数字！对美国来说，据理论上计算，城市垃圾能供给美国能量需要量的1%。从百分比看起来似乎并不高，但美国是世界上耗能最多的国家，这1%就相当于每日3560万桶石油（1桶=36加仑），数目相当可观。

此外，研究还证明，城市垃圾的能源化利用不仅有光明的前途，而且也是比较现实可行的。日本大阪进行的综合调查

表明，在一切替代能源（包括太阳能、风能、中小水力发电、地热、海洋潮汐、生物能、废热利用、废弃物能等）中，近期内最有希望付诸实用的是太阳能和废弃物能。调查还表明，预计到1990年，大阪的垃圾能将达12万千瓦，折合煤油 230×10^3 立升/年。

我国目前消费水平较低，城市垃圾以煤灰和渣土为主，占总量的60~70%。这样的垃圾发热量低，不能自燃烧，难以作焚烧处理。但是应当看到，我国人民的生活水平也在逐渐提高，垃圾中可燃物成分会逐渐上升，城市垃圾作为能源利用的潜力在增长。另外，我国有大量的工业有机废渣，也有越来越多的城市下水污泥等可以燃烧的废物。所以，废物的能源化利用对我国也有十分重要的意义。

4. 城市垃圾能源化利用途径

城市垃圾的能源化利用途径可分为直接利用和间接利用。直接利用就是垃圾经分离后，可燃部分直接燃烧并利用其燃烧热能。间接利用就是通过一定的手段，将垃圾变成气体、液体或固体燃料（图1—2）。

近年来，垃圾的综合利用技术有了很大发展。垃圾的提能工艺大都兼有资源回收系统。在回收能量之前，要对垃圾进行一系列处理，如粉碎、风力分级、磁选分离等，从不可燃组分中回收金属、玻璃等有价值的材料。进行分离后，再将可再生的燃料即垃圾燃料送入能量回收系统。随着电脑技术的发展，垃圾处理也发展到更高的水平。有的国家已研制出垃圾联合处理机器，能将垃圾的各种成分按其物理性质的不同（颗粒大小，比重、磁性、颜色、回弹性、可燃性等）

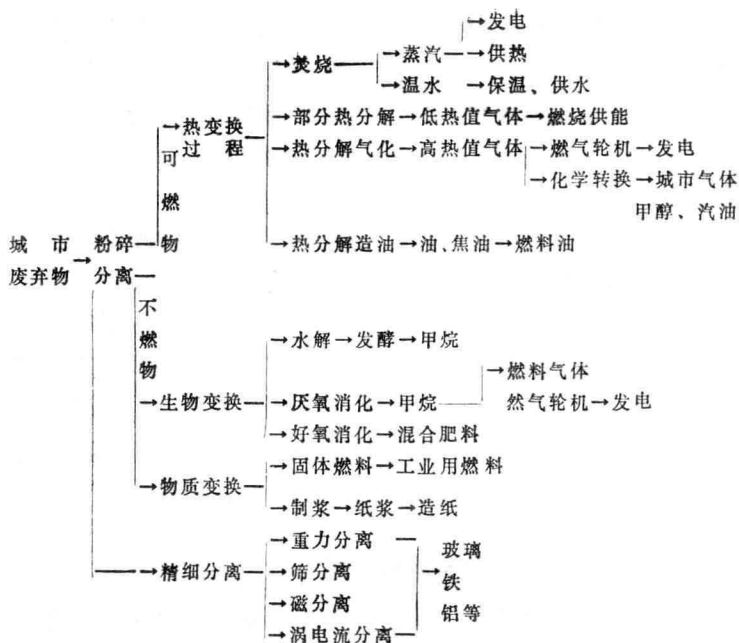


图1—2 垃圾资源利用途径

进行分选，然后送往各种专门的加工工厂里制成再生产品。

在垃圾的提能技术方面，也有了很大提高。发展出一些垃圾处理、提能的综合性利用系统（图1—3）。很多提能途径已取得一定的成果。如法国把可燃性垃圾经发酵、机械粉碎、压缩成型，制成发热量比木材还高1倍的固体燃料。如果每年加工24,000万吨垃圾，可得到1300万吨固体燃料，可节约汽油500万吨。

垃圾提能技术正在日益完善，单位垃圾的提能量也在不断增加。现在，又进一步将垃圾与下水污泥混合处理，这样

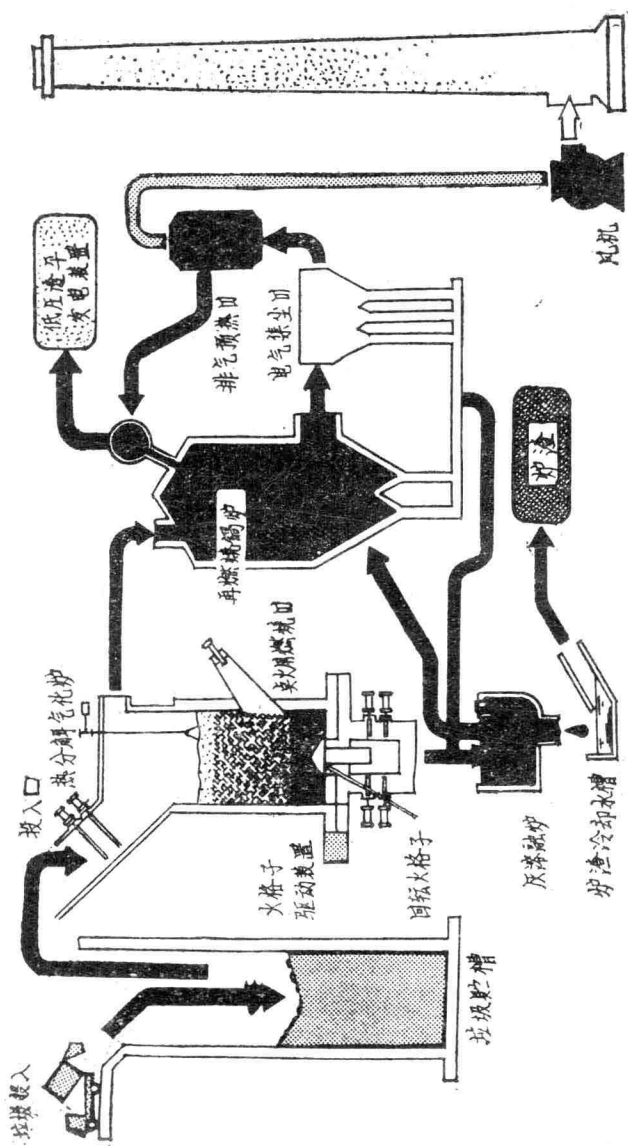


图1—3 一种垃圾热分解—灰溶融固化—废热发电系统

可以取长补短，充分发掘垃圾和污泥的潜在能量。城市废物作能源的利用已在技术和经济上都立住了足。欧洲各国甚至流行一句话——“城市垃圾就是燃料”。垃圾已成为很多城市采暖不可缺少的能源组成部分，垃圾发电也越来越多被承认，纳入供电电网。