

垃圾 的处理和利用

〔苏〕С.В.杜金科夫 В.А.扎伊采夫 著
Г.Л.佩克列斯 Л.Я.舒博夫

中国环境科学出版社

垃圾的处理和利用

(苏)С.В.杜金科夫 В.А.扎伊采夫 著
Г.Л.佩克列斯 Л.Я.舒博夫

柴振荣译

中国环境科学出版社

1987

С. В. ДУДЕНКОВ В. А. ЗАНЕВ
Г. Л. ПЕК ЕЛЕСДМ. Я. ШУБОВ
РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

МОСКВА 1981

垃圾的处理和利用

[苏] С. В. 杜金科夫 В. А. 扎伊采夫
Г. Л. 佩克列斯 Л. Я. 舒博夫 著

柴振荣 译

责任编辑 李玲英

*

中国环境出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

北京孙中印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1987年11月 第一版 开本 787×1092 1/32

1987年11月第一次印刷 印张 5

印数 0001—5,000 字数 110千字

统一书号: 13239·0114

ISBN7-80010-056-1/X·0056

定价: 1.20元

序 言

随着人们生活水平的逐年提高，为了满足日益增长的需要，人类在逐步强化对自然资源的利用，就得大量开采利用矿藏、生物、氧气和海洋资源，造成了对大自然稳定相互联系的很大干扰，破坏生态平衡，损害生物圈的生命保障性能。

上述种种过程就是当代工业生产力迅猛发展时代的特点。然而人们使用的原料，仅有5—10%转为成品，其余部分却变成废物，而且许多废物还带有毒性，严重危害环境。这种情况正在引起世界各国人民的不安。

1979年在赫尔辛基举行的欧洲安全合作会议中最后文件指出：“经济发展和技术进步，应同环境保护协同一致，采取预防性措施是避免危害环境的最好办法”。

然而，只有在社会主义条件下才能实现上述目标。因为在社会主义国家，劳动者成了自己劳动的主人，可以有计划地安排国民经济的发展，确保国民经济活动与环境保护之间有一个合理的相互关系。

苏联共产党二十四、二十五、二十六次代表大会确定，对环境保护和自然资源的有效利用问题采取新的观点，要把生产和消费产生的废物作为原料来源予以最大限度地重复利用。之所以要采取这种观点，是由于在工业发展的漫长历史中，因种种客观原因的局限，人们主要关心的是取得最大的生产增长速度，通过扩大利用自然资源来满足国家的需要。认为大自然是能够满足人类不断增长需要的耗之不竭的资源源泉，并且是随意弃置人类活动废弃物的无底场所。

环境保护问题与自然资源日益减少的问题紧密相关。出

路在于：发展少废和无废工艺（这是当代资源利用的主要原则），综合有效地利用自然资源，将生产和消费产生的废物重新用于经济活动。

新任务在国民经济管理体系中得到了反映。自1981年起，从国家和部门各级经济和社会发展规划，到企业和建筑工程项目计划，均开始列有“再生原料利用”一项，其中规定了实现该目标所需要的条件和措施，诸如：资金、勘测设计及承包工程、基建和专用设备生产。

目前，苏联每年产生40亿t以上的固体废物，现在可以说废物已经达到了无穷尽的地步。例如，电站将千百万吨硫酸酐排入大气，积存约1亿t灰渣，污染土地和水。

与此同时，如果电站的废物能够加以利用，就可以大大缩减生产硫和某些建筑材料所需自然原料的开采。从烧重油电站的灰渣中可提炼冶炼优质钢所需的稀有元素钒。如果仅将30%的灰渣作为建筑原料使用，代替传统的自然原料，那么就可以节约投资达4亿卢布。

矿物肥料工厂的废物场积存的废物达10亿m³以上，其中含有磷石膏、岩盐和磷灰石浮选尾料、黄铁矿灰渣。为了这些废物场，年耗费用4亿卢布以上。

苏联部长会议1980年1月25日《关于进一步改善国民经济中再生原料利用的措施》的65号决议，确定了1981—1985年工业部门在这方面的主要任务。

该决议对于每个家庭时时刻刻产生的，并被投入垃圾管道、运往销纳场将要消除的生活垃圾，予以极大的重视。

苏联1981年产生的生活垃圾约达5000万t，所含织物、金属、塑料、废弃食物等价值为6亿卢布左右（按初始原料价格计算）。世界利用这类废物的实践表明，其50%以上能够回收和重新利用。

目前，世界拥有约30座能够回收利用有用成份的垃圾处理工厂。这类工厂与垃圾焚烧工厂不同，不仅不污染环境，而且还有利可图，有利于自然资源的经济合理利用。

本书根据苏联国家物资技术供应委员会全苏再生资源设计研究院的资料及其他文献撰写。书中阐述了回收有用成份的垃圾处理工艺流程及设备的基本研究原则，分析了苏联和其他国家的经验，论及解决垃圾问题的经济和生态各个方面。并证明如离开垃圾的充分合理利用，苏共二十六大及其后历次中央全会决议和苏联部长会议决定中关于合理利用原料的任务，就不可能顺利实现。

译 序

在人类的历史上，人们曾错误地以为自然资源是取之不尽，用之不竭的，人类活动产生的废弃物也可以无限制地弃置下去。结果，人们今天面临的状况是，某些自然资源开始显露枯竭的苗头，废渣如山，浊水成河，污气漫天，垃圾成灾。

今天，已经到了彻底改变这种认识和做法的时候了。须知，生活废物是一个重大的原料来源，通过适当处理，能最大限度地回收利用有用成分，变废为宝，既有利于解决原料问题，又可保护环境。

防止自然资源的枯竭，单靠发展无废和少废工艺是远远不够的，尽管这是现代资源利用的一项基本原则；与此同时，还必须强化资源的综合利用，合理地处理与利用生产废物和生活垃圾结合起来。

自古以来，每个家庭时时刻刻产生的垃圾，都通过不同的渠道清走和销毁：或肥田，或弃置，或填埋，或焚烧。到了现代，垃圾数量迅速增长，其中所含有用成分也急剧增加，若仍沿用传统方法处置，不仅污染环境，而且暴殄天物。尽人皆知，垃圾中含有废纸、金属、塑料、玻璃、废弃食物等有用成分。许多国家垃圾处理实践表明，其中的50%可以回收，成为再生原料供重复利用。

世界上已有数十座回收有用成分的垃圾处理工厂在运转，实践证明他们为合理地、经济地利用自然资源开辟了新途径。可以说，人类正从消极地局限于销毁垃圾的阶段，开始走上积极地合理利用垃圾的崭新阶段。终究会有一天，通过回收物料的无数次重复利用，产生的废物和生活垃圾将成

为主要资源，而自然资源则退居后备供应源的地位。届时，大自然将真正进入良性循环的境界。

C. B. 杜金科夫等，在遍搜专利，博采群书，运用系统工程思想，充分分析各国经验，广泛探讨经济和生态问题的基础上，编就本书。书中全面阐述了垃圾处理与有用成分回收的基本原则和各种方法，介绍了研究中和在用的各种工艺流程和不同设备。

目前，我国许多城市的垃圾销纳、处理、利用，已是一个极待解决的问题，并已引起国家和各级环保、环卫部门的重视。值此时机，译者将本书介绍给我国读者，望能对正在兴起的我国现代垃圾处理业，尽一份微薄的力量。

在翻译过程中，原文中非技术性内容已予删除，并对明显的错误作了订正。

本书的翻译工作，承陈锦德高级工程师在技术上给予热情的帮助与指导，谨致谢忱。

对读者的批评指正，译者将不胜感激。

目 录

序 言

译 序

第一章 垃圾的特性及其收集和运输方法····· (1)

第二章 垃圾的销毁及其无害化处理的基本方法····· (8)

一 垃圾向销纳场的运送····· (8)

二 垃圾的焚烧····· (12)

三 垃圾的堆肥处理····· (20)

四 垃圾的热解····· (25)

五 其他处理方法····· (27)

第三章 回收有用成份的垃圾处理方法····· (29)

一 垃圾是再生资源的来源····· (30)

二 垃圾中有用成分的回收方法····· (35)

第四章 垃圾轻质组份的分离和富集及其主要有用成分

——废纸和塑料薄膜的利用途径····· (37)

一 垃圾中轻质(废纸)组份的分离····· (37)

二 废纸和塑料薄膜的选择性分离····· (57)

第五章 垃圾重质组份的富集····· (80)

一 黑色金属的回收····· (80)

二 有色金属的回收····· (82)

三 织物的分离····· (90)

四 废弃食物的回收并用其生产牲畜饲料····· (97)

五 玻璃的回收····· (105)

第六章 回收有用成份的垃圾处理工艺流程及其经

济评价····· (108)

一 已获得专利权的技术方法····· (108)

二 现有垃圾处理厂工艺流程····· (124)

第七章 试论苏联垃圾工业化处理的合理道路····· (145)

第一章 垃圾的特性及其收集和运输方法

当前，垃圾已经成了一个紧迫的现实问题。从环境保护要求来看，它的迫切性尤为明显。随着人口的增长，人民生活水平的提高，商品需求增加了，因而一次性包装材料的使用也随之增多，这些因素均对垃圾产量有着很大的影响。近20年来，世界各国城市垃圾数量急剧增长，70年代人均已达到150—300kg/a（见表1-1、1-2）。垃圾数量的年增长率不低于3%，某些国家达10%左右。在数量增长的同时，由于所含废纸和废旧塑料增多，垃圾体积也在增大（见表1-1）。不同国家的垃圾成分本质上是相同的（见表1-3），因而其堆积、销毁、无害化处理或加工处理问题，也大体相似。

目前，垃圾收集和加工处理系统，已经成为拥有现代化技术装备的重要工业部门。美、英、法和瑞士等国，进行了垃圾分类收集的尝试，由居民从垃圾中分出玻璃、有色金属、黑色金属、织物、废纸、纸板等等。为此，曾使用专用箱，内盛装有不同垃圾的箱子，也用不同色别的垃圾袋等等。不同成分的垃圾装入容器之后，分别直接运往垃圾处理工厂。

另一项尝试是对垃圾的选择、收集实现了机械化。例如，瑞典提出的一种分选系统，设置在装有垃圾管道的多单元住宅中。该系统包括一个或数个倾倒垃圾的竖道。竖道设有几个入口和将垃圾装袋、打捆或装入专用箱的卸料装置，以及初选后垃圾的出料机构。该系统的分类机构，将垃圾的不同成分分别投入竖道底部叉开的分支槽道。分类机构本身

由数个阀门孔口组成，每个孔口用于一定种类的垃圾，并分别设在每层楼垃圾竖道的投入口处。孔口与垃圾竖道内的单独管子相通，管子底部则转为槽道。垃圾竖道的下部在必要时可设破碎机。

表 1-1 某些国家垃圾产出量

国 别	数 量 ($\times 10^4$ t/a)	有 用 成 分 含 量 (百万吨或%)
美国	130	百万吨：废纸—34；玻璃—13；黑色金属—15；有色金属—1
日本	34	%：废纸—40.6；塑料—10.8；木头—5；织物—2.5；玻璃—5.5；黑色金属—2.3
意大利	15	百万吨：废纸—3.1；玻璃—0.87；黑色金属—0.6；铝—0.04；塑料—0.45
法国	12	%：废纸—30—40；玻璃—10；金属—5；塑料—6；有机废物—40—50
联邦德国	18.9	—
西班牙	9	—
荷兰	4	—
奥地利	1.8	百万吨：废纸—0.5；玻璃—0.2；金属—0.15；织物—0.14
匈牙利	0.8	—

有人认为，垃圾先在生活区进行粗分，然后在处理厂进行细分（如分成玻璃、金属与非金属），这种分层次的分选方法，有其优越性，应予利用。但是，许多实验证明，垃圾在产出地进行收集和分选，由于不经济，是没有什么前途的，因而不能解决问题。原因在于，居民积极性低，劳动量大，而且实际上无法到处推行。所以，解决垃圾收集与处理问题的基本趋势，是建立专门的机械化自动化系统。

目前，收集垃圾采用的容器如下：带盖的垃圾桶、密闭

的垃圾箱和容器、纸袋或聚乙烯袋、金属和塑料专用箱，以及带轮的容器。据报道，意大利等国利用纸袋和聚乙烯袋，可加快垃圾的收集，也更符合卫生要求。而且，袋重只占垃圾总重的1%，可是采用专用箱时，箱重量要占总重的45%。

表 1-2 某些国家垃圾产率及其容量

国 别	人均垃圾产量 (kg/a)	容 量 (kg/m ³)
美 国	520	280
加 拿 大	380	115
英 国	240—300	150—250
联邦德国	210—230	330—380
丹 麦	210—310	150—250
荷 兰	165—190	160—250
瑞 典	210	140
瑞 士	150	120—200
挪 威	200	100—280
西 班 牙	200	330
法国(巴黎)	300—360	120—180
芬 兰	310	100—150
捷克斯洛伐克	190—430	200—400
保加利亚	180—240	250—390

一种新式的垃圾收集装置，是在框架上设一漏斗，下面放置了软塑料制作的专用箱。折叠式的金属角形材料结构，使专用箱在使用时具有刚性。移去专用箱时，角材结构折叠起来，并将箱口封上。为了防止漏斗装满，其上口用可拉动的板盖上。

日本设计了一种垃圾的真空收集系统，它包括与建筑物的垃圾管道相通的若干收集室。收集室本身设有隔离闸板，通过管道与设有卸料装置的垃圾运输干管相连。每条管道的末端装一空气阀。投到垃圾管道中的垃圾进入收集室

表 1-3 某些国家垃圾的年均成分

国 别	含量(重量%)					
	废 纸	金 属	玻 璃	有机物	灰 分	其 他
美 国	42	8	6	22.5	10	11.5
加 拿 大	70	5	5	10	5	5
英 国*	25-30	5-8	5-8	10-15	30-40	5-10
联邦德国 (西柏林)	18.7	5.1	9.8	21.2	30	15.2
丹 麦	45	4	8	13	10	20
荷兰(海牙)	45	4.8	5	14	9	22
瑞 典	55	6	15	12	0	12
瑞 士	40-50	5	5	15-25	20	—
挪 威*	56-24	3.2-2.6	2.1-5.1	35-56	0-12	8.4-8
西 班 牙 (马德里)	21	3	4	45	22	5
法国(巴黎)	29.6	4.2	3.9	24	24.3	14
芬 兰 (赫尔辛基)	65	5	5	10	—	15
捷克斯洛伐 克(布拉格)*	14-7	2-1	11-3	39-22	6-65	18-2
保加利亚*	2.7-6.2	0.8-0.9	0.8-2.4	35-44	10-21	—
比 利 时 (布鲁塞尔)	20.5	2.5	3	23	48	3
意 大 利 (罗 马)	20	3	6	43	—	28

*为夏一冬数据。

内。为了将垃圾收进去，该室与垃圾管道用闸板相隔，管道的空气阀打开，卸料装置与垃圾管道的真空箱相通。箱内真空由装在垃圾车上的空气压缩机产生。垃圾随着管道空气阀吸入的空气流，从收集室沿管道和干管进入箱内。

垃圾的收集频率，主要取决于它在住宅楼的积聚程度和居民密度以及收集方法。收集系统必须为所有住宅楼及单元

提供运输条件，确保垃圾的及时清运。现在许多国家生产各种各样的垃圾车，供清运垃圾，其中有的设有机械装车机构。近来正发展一种载重量 15t 的新型垃圾车，这类垃圾车可自行压缩垃圾，从而大大提高了效率，垃圾的压缩比为 3.5:1。

日本提出的收集和运输垃圾办法是，先用载重量小的垃圾车集运垃圾。这种车的车架上设有支罩，供放置可塑性容器，如纸袋或塑料袋。袋口固定在接受垃圾的螺旋运输机出料管上。运输机将垃圾装入容器，然后封上口，小车开到载重量大的垃圾运输车旁。大垃圾车架上的装卸机，将支罩和容器一起升起，装到大车车箱内。之后，将容器从箱内取出，重新装在小垃圾车上。

气流输送是一种最有前途的垃圾运输方法，在美国、瑞典、日本等发达工业国家应用越来越广。预计今后集中的垃圾气流管道输送系统，将取代住宅楼的普通垃圾管道。利用气流系统，可将垃圾从多层住宅楼运出 20km。

各种垃圾气流管道输送系统大体相似，仅细节有所不同。

联邦德国设计出一种最新式的垃圾集中气流输送系统，它包括了有倒垃圾口的竖道、管道干线旋风分离器、垃圾捣实装置、空气过滤器、风机和消声器。系统的各个组成部分均处于风机造成的负压下。某一竖道内聚集了一定数量的垃圾后，竖道底部的空气阀自动开启，垃圾被吸入水平管道。管道的直径一般为 400—500mm，但如果将垃圾进行预粉碎，可减至 200mm。随后，被气流吸走的垃圾沿干线，经旋风分离器，而进入垃圾捣实装置。空气则经空气过滤器和消声器之后排入大气。

联邦德国的森特拉萨格公司，在波恩近郊安装了一套垃

圾气流输送系统。该系统包括了高度7m的倒垃圾竖道、管道网、真空涡轮机、旋风沉降分离器及中央调度室。为了防止管道堵塞，垃圾要先破碎。垃圾竖道与管道用闸板阀隔开，接到控制台的信号，阀门即开启。垃圾分批清走。整个气流输送系统，由中央调度室按预定程序自动控制。利用专门风机，使全系统的空气流速保持一致。废气进入过滤器，用活性炭净化。从管道中出来的垃圾经旋风沉降分离器，进入供压缩垃圾用的可更换的专用箱。装填后的专用箱重量为12t，集纳场可容13个专用箱。专用的底盘车将专用箱运往销纳场，排空后专用箱重返集纳场。

1976年，日本的一套垃圾气流输送系统投入了运转，供拥有2500个居民的城市区域使用。该系统的输送能力为每昼夜2t，管道的长度为700m。室内外均设有垃圾收集器，随后垃圾沿管子进入旋风分离器。从旋风分离器出去的空气经若干过滤器过滤，再进入空气压缩站增压器进气管，继而通过消声器、湿式净化装置、滤气器排入大气。

影响选择垃圾排走方法的因素，还有垃圾数量、附近有无销纳场及其距离、对当地环境的污染等项。居民高度密集地区，采用气流输送系统最为合理。美国已设计出地下真空输送系统。

美国现在拥有的两套垃圾输送系统。其中的一种为：垃圾由产地直接送到销纳场，或者经分离站分离出部分的有用成分或经转运站后，再运往销纳场。另一种是在垃圾的产出地点，就分成固体部分和废弃食物。每种成分经分别处理之后再运往销纳场，而且如同前一系统那样，可先从固体部分中分出某些有用成分。废弃食物则先脱除液体成分，然后通过一定的流程，分别处理液体和固体残留物。

收集和输送垃圾的费用很大，目前达处理总费用的

80%左右。并且运费与填埋、销毁或处理地点（销纳场或处理厂）的距离成正比。但在另一方面，销纳场又必须与居民区保持足够远的距离，这就必然提高运费。

设立垃圾处理厂，可大大降低运费及其他费用。可供选择的办法有二种，即集中的垃圾处理中心，或一定数量的为单独区域服务的小型处理装置。就兴建垃圾分选工厂而言，一个十分重要的因素是必须靠近回收物料（其中包括回收的能源）的销售市场。处理后产生的惰性残留物如何弃置，亦在必须认真考虑之列。总之，问题必须通盘考虑，要着眼于获取最大效益，以补偿投入的巨额资金。在这中间，效益所涉及的，不仅仅是从销售回收物料中获取纯利的问题，而且还要在尽量减少对环境的污染前提下，从缩减对初始原料的需求中取得多大收益以及宝贵的土地面积得以保留等等情况。此外，还应看到，由于采取了垃圾分选方法，需焚烧或运往销纳场的垃圾数量必将大为减少。

第二章 垃圾的销毁及其无害化 处理的基本方法

解决垃圾问题，除堆放、填埋之外，尚有销毁和回收有用成分处理两种办法。

为了销毁垃圾（无害化处理），采用焚烧、热解、堆肥等几种方法。在这几种方法中，除热解之外，有焚烧整个垃圾和堆肥两种方法，即使利用焚烧产生的热能和将堆肥用于肥田，也只不过是取得了单一产物，虽然有时也用手工捡出废纸，用磁力分离出黑色金属，但这些过程的主要目的依然是消除和销毁垃圾。热解，虽然能够从垃圾中获得可燃气体、炭、焦油等新产物，并主要将其用于动力上，但仍摆脱不了销毁有用成分的缺点，而在产品消耗与废物处理系统中，不能实现物料的多次循环利用。因此，只能将那些能最大限度地回收有用成分，而仅销毁相对少量的垃圾（或转化为新产物）的方法，归结为垃圾处理回收工艺。

一 垃圾向销纳场的运送

至今世界上通行的作法，基本上是将垃圾运往有控和无控销纳场。例如，在美国69%的垃圾运往无控销纳场，22%运往有控销纳场，其余9%焚烧并部分用作热能；在法国50%的垃圾运往无控销纳场，仅10%左右运往有控销纳场，另40%焚烧或堆肥；英国则把85%的垃圾运往有控销纳场。据K. 兀潘菲洛夫公用事业研究院的统计资料，苏联把98.5%的垃圾运往销纳场。

从环境保护角度来看，无控销纳场具有很大的危险性。