

生活垃圾特性分析指南

联邦德国环境保护局 编

中国环境科学出版社

生活垃圾特性分析指南

X799.3 中国环境科学出版社

生活垃圾特性分析指南

联邦德国环境保护局 编

甄金环 编译

中国环境科学出版社

1989

内 容 简 介

本书以联邦德国环境保护局编写的《生活垃圾的物理化学分析》为主体，并充实了近年来联邦德国和其它一些发达国家关于垃圾特性的分析和垃圾处理方面的经验，经删节、提炼，编译而成。全书包括垃圾取样、预处理、特征值的分析方法等几部分内容，并用一定篇幅介绍了联邦德国垃圾分析的方法、经验教训及分析结果。本书对了解国外先进的垃圾特性分析技术、提高我国垃圾特性分析水平，有一定的参考价值。

适合于广大环卫科技工作者及大专院校有关专业的师生参考、阅读。

Umwelt Bundes Amt.
Chemisch-Physikalische Analyse
von Hausmüll

Ench Schmidt Uerlag, Berlin

生活垃圾特性分析指南

联邦德国环境保护局 编

甄金环 编译

责任编辑 王晓民

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

北京顺义振华印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行，各地新华书店经售

1990年3月第1版 开本 787×1092 1/32

1990年3月第1印刷 印张 337/8

印数 1—1500 字数 80千字

ISBN7-80010-505-2/X·278

定价：1.80元

编 译 说 明

当前，城市垃圾产量迅速增长，成份日趋庞杂，垃圾污染问题异常尖锐突出，已经成为世界性城市环境公害之一。世界各国为适应城市环境建设和人民对城市环境质量的需求，都致力于包括城市垃圾特性研究，垃圾收集、运输、转运、处理、处置在内的城市垃圾综合治理和综合利用的研究工作。各类城市垃圾收集、运输、处理技术和专用设施、设备投入使用。许多国家还建设了不同规模的垃圾填埋场，垃圾焚烧厂，垃圾堆肥厂。城市垃圾的机械化收运和无害化处理率稳步提高，为缓解城市垃圾污染，实现废物利用，变废为宝发挥了很好作用。

在治理城市环境和城市垃圾方面，工业发达国家走在了世界前列。他们在制定城市垃圾综合治理规划，提高垃圾机械化收运水平和无害化处理水平等方面积累了许多宝贵的经验，形成了比较成熟的技术。近年来，在政策上又制定了尽量避免垃圾产生，减少垃圾产生量，使各类垃圾成份都得到资源回收和综合利用的治理方针。配合开展环境意识教育，提高居民对废弃物回收利用的认识水平，这些都是值得我们学习和借鉴的。

随着工业和经济建设的发展，我国城市垃圾产量增长迅速。据统计，1985年全国城市垃圾产量已达5188万吨，并且仍以10%的速度增长。城市垃圾构成也发生了明显变化。城市垃圾问题正成为影响城市居民生活和劳动环境的重要因素。

素。解决城市垃圾污染问题，并使之实现减量化、资源化、无害化治理目标，是我国各城市面临的紧迫课题。因而选择适宜的城市垃圾收运和处理技术，根据国情建设不同规模不同类型的垃圾处理场，是解决城市垃圾卫生消纳出路，实现垃圾资源利用的前提条件。

城市垃圾特性研究是准确掌握城市垃圾的物理化学性质的主要方法，也是城市垃圾综合治理的重要环节。

为了促进我国城市垃圾特性研究的发展和标准化、规范化，本书以联邦德国《城市垃圾物理化学特性研究》一书为主体，充实了国外大量资料和数据，编译此书，目的是就城市垃圾取样、分析、化验、统计等特性研究，给出简明扼要、通俗易懂的概貌。本书适于广大环卫工作者、有关行业的科技人员及有关院校参考使用。

在本书的编译整理过程中，得到张瑞久同志的大力支持和悉心指导，在此仅致诚挚的谢意。

由于译编者水平有限，书中难免有疏漏、不足之处，敬请读者批评指正。

编译者

1989年2月

目 录

第一章	概论	(1)
第二章	城市垃圾特性研究的对象和水平	(5)
第一节	城市垃圾的定义和内涵	(5)
第二节	生活垃圾特性的研究水平	(6)
第三节	城市生活垃圾处理工艺	(8)
第三章	联邦德国生活垃圾特性研究范例	(15)
第一节	联邦德国生活垃圾的产量和成份	(15)
第二节	联邦德国1983—1985年容器装生活垃圾容重的发 展趋势	(40)
第三节	联邦德国 Wesermarsch 县垃圾取样分析	(45)
第四章	垃圾取样和试样处理	(55)
第一节	垃圾取样的一般要求	(55)
第二节	垃圾取样方法和取样设备	(57)
第三节	输送垃圾试样应采取的措施	(62)
第四节	垃圾试样处理	(63)
第五节	垃圾试样分析	(66)
第六节	垃圾取样计划和预测	(71)
第五章	生活垃圾特性研究的特征值	(76)
第一节	垃圾重量、体积、容重、含水量等特征值的测定	(76)
第二节	垃圾热值的测定	(78)
第三节	生活垃圾中的有害物含量	(81)
第四节	垃圾特性研究的目标	(87)

第六章	联邦德国垃圾质量研究结果	(89)
第一节	分析数据的处理	(89)
第二节	物理化学分析的结果	(92)
第三节	生活垃圾中有害金属的测定结果	(107)
第四节	生活垃圾中有害气体的测定结果	(113)
第五节	相关性研究及最终观察	(116)

第一章 概 论

城市垃圾是城市居民日常生活的副产品，它伴随居民生活而产生，成份和产量也伴随居民消费水平的提高和消费方式的改变而变化。

世界各国，在城市规模、人口、经济水平、消费方式、自然条件等差异很大，致使城市垃圾的产量和质量存在明显差别，因而城市垃圾对居民生活和城市环境影响的程度也不同。

目前，城市垃圾对城市居民生活和劳动环境的影响越来越大，与城市居民对清洁优美环境的需求构成一对尖锐矛盾。尤其在原材料日益紧张，环境污染异常严重的今天，用传统的垃圾收集和处理方法，已经不能解决垃圾消纳和综合利用问题。在城市垃圾综合治理范围内越来越迫切需要使用先进的系统管理办法，其中也包括避免垃圾产生，限制和减少垃圾产生量，使各类垃圾成份尽量实现资源回收和二次利用。总而言之，城市垃圾综合治理和综合利用是一个完整的系统。它包括城市垃圾管理、特性研究、收集、运输、转运、处理、处置、综合利用以及服务于这个系统各个环节的专用设施和机械设备。这个系统的各个环节相互衔接而又相互制约，并且涉及诸多相关因素。它的健全和整体功能的发挥，无论对解决城市垃圾卫生消纳出路问题，还是对实现减量化、资源化、无害化治理都是关键因素。

城市垃圾特性研究是综合治理和综合利用系统的重要组

成部分，也是保证全系统整体功能正常发挥的重要基础。这项研究需要统一的标准规范，明确规定垃圾取样的时间、点、取样量、试样处理方法、分析、化验和统计方法，确定需要的物理化学单项指标，这样才能为掌握城市垃圾的物理化学成份，预测发展趋势提供依据。此外，还应掌握对城市垃圾产量、质量影响较大的各项相关因素的现状和趋势，以保证城市垃圾产量、质量数据和预测的准确性。

一般说来，准确掌握城市垃圾物理化学特性对制定城市垃圾综合治理规划，选择适宜收运和处理方式，配备专用设施和机械设备具有重大的、决定性的作用，尤其是城市垃圾的物理性质可以基本决定垃圾治理工艺的选择和相关设施、设备的配备。

基于这种认识，联邦德国政府在其垃圾治理规划中要求：“把提高生活垃圾统计数据的准确性作为制定垃圾治理规划的基础。”为完善城市垃圾特性的研究方法，使之逐步实现规范化、标准化，柏林工程大学曾组成了环境统计小组，研究监测垃圾产量和成份的方法，及其适用治理工艺。联邦德国环境保护局要求柏林工程大学在研究垃圾产量和成份抽样统计的基础上，首先完成地区性的“柏林生活垃圾分析”的研究报告，然后开展跨地区的“全国城市生活垃圾分析”的研究。在这个过程中，他们在垃圾抽样、分析、统计等各方面取得了经验，为形成联邦德国的垃圾特性研究标准奠定了基础。

根据各种垃圾处理和材料回收方法的设计方案分析，有关城市生活垃圾总量和各类材料成份的数据不仅对处理和回收具有重要意义，而且也是掌握垃圾能含量和有害物质含量的值得探讨的依据。

在垃圾特性研究方面，包括的工作内容很多，例如，选择取样地点、确定取样量、进行试样处理、试样分析化验、数据统计等都是很重要的内容。换言之，城市垃圾特性研究是一项非常复杂而且具有重大意义的工作，因此只能在人员、设备都能满足特性研究需要的前提下完成。

现行的城市垃圾特性研究方法很多，主要可以分为：

(1) 组份法。组份法即以一定量垃圾中的物品种类为单元，计算每个单元在垃圾总量中的比例，即根据各类物质的比例大小，来衡量垃圾质量，最终获得各类垃圾组份能否综合利用的依据。在某种意义上讲，组份法是表示垃圾质量的最常用的有效方法。

城市垃圾是一种由多种物质组成的异质混合物。它通常包括：废品类、厨介类，灰土类三大组。废品类包括：1. 废金属（罐头盒、废电池、各类金属杂品等）；2. 废玻璃（玻璃碎片，玻璃瓶等）；3. 废塑料胶皮（塑料容器、塑料袋、胶皮等）；4. 废纤维物（服装、棉丝等各类纤维品）；5. 庭院废物（花草、落叶、枯枝等）；6. 废纸类、（纸类、书籍、碎纸等）；7. 砖瓦类（陶瓷、砖瓦等）。厨介类包括：1. 饮食废物；2. 蔬菜废物（烂菜和各类厨房蔬菜下脚料）；3. 肉类和肉骨；4. 果皮、果核等。灰土类主要指粒度小于10mm的物质。

(2) 容重法。容重法主要分析自然容重、标准容器容重、垃圾车容重等。1. 垃圾自然容重，将垃圾自然堆成圆锥体，求其体积和重量，以求出垃圾的容重。2. 垃圾标准容器容重，指将垃圾填满标准容积的容器，以这种方法求出的容重为垃圾标准容器容重。3. 垃圾车容重，在垃圾运输过程中，测定垃圾车箱内的垃圾容重。

(3) 三成份法。它指测定出垃圾含有的水份、灰份和

可燃成份。以这三种成份含量来表示垃圾质量的方法称为三成份法。现在一般只用于垃圾焚烧性能的分析。

(4) 元素法。这种方法是利用化学分析的手段测出垃圾中的C、H、O、N、P、K、S、Cl等元素含量。这种方法对垃圾堆肥工艺是十分重要的指导参数。

(5) 热值法。利用量热计求出垃圾中的低热值、高热值，并把它们作为垃圾质量的表示法。热值法能反映出垃圾在热利用方面的可用性。它是垃圾焚烧的首要参数。

无论采取哪种垃圾特性分析方法，其关键是要准确掌握垃圾物理化学性质的数据，为垃圾综合利用提供可靠依据。

第二章 城市垃圾特性研究的对象和水平

第一节 城市垃圾的特性和内涵

研究城市垃圾特性，应首先弄清它的定义和内涵。它是明确研究对象的前提条件。我们通常讲的城市垃圾指城市居民在日常生活中抛弃的固体垃圾。它主要包括：生活垃圾、零散垃圾、医院垃圾、市场垃圾、建筑垃圾和街道扫集物等。

(1) 生活垃圾。它指居民在住宅内的日常生活中产生的固体生活垃圾，它是一种成份相当复杂的异质混合物，并且随居民生活水平的改变而变化。

(2) 零散垃圾。它包括两部分，一部分是居民在生括活动中随手抛弃的固体垃圾，一部分是需要单独收集和运输的庞大家庭垃圾，如：各类家用电器、旧家具等。它的特点是非常零散，而且产量和成份波动很大，不易掌握。

(3) 市场垃圾。它指在商店、作坊、市场等处产生的类似生活垃圾成份的垃圾，其主要成份是食品废物、饲料废物、包装材料、办公室废物等。这种垃圾的产生量比较大，可以单独收集，也可以和生活垃圾一起收集和清除。

(4) 医院垃圾。它指在医院内产生的固态和液态垃圾，主要包括废弃的医疗器械，病房的粪、尿、痰，手术室污物，废弃药品等。这种垃圾含有大量致病菌，是各类疾病的

传染源，应严格采取单独清运，集中焚烧处理的方法。

(5) 街道扫集物。它指在道路清扫过程中收集的各类垃圾和废物。这类垃圾通常是灰尘等惰性物。在秋季，各类树木落叶占很大比例。

(6) 建筑垃圾。它指在翻建、修缮和新建城市建筑物遗留下的垃圾和废物。在城市扩建、改建规模较大的城市，它的产量是相当可观的。

上述各类垃圾是城市垃圾的主要组成部分，其中建筑垃圾成份构成比较简单，一般都是单独收运的。生活垃圾、零散垃圾、街道扫集物和类似生活垃圾的市场垃圾构成比较复杂，尤其是生活垃圾随生活方式、生活水平和其它条件的改变而变化，因而它是城市垃圾特性研究的重点对象。

第二节 生活垃圾特性的研究水平

城市生活垃圾是一种极不均匀、种类各异的异质混合物。它的产量和物理化学特性很难掌握。长期以来，虽然垃圾分析对垃圾处理方法的重要意义逐步被认识，但是在较大范围内一直没有系统地开展工作。

如果将生活垃圾作为固体燃料进行处理和利用，那么其含水量和热值是决定性的关键因素。这些参数可以由每个地区或处于运营状态的垃圾焚烧装置计算。经对处理过的垃圾进行分析，证明把生活垃圾和商业垃圾混合使用，其含能量明显高于家庭生活垃圾，而且含能量也比较稳定。对联邦德国每个城市的垃圾特性进行测定后发现，生活垃圾的低热值是相当稳定的，约 $7000-8000\text{kJ/kg}$ (Pohle, 1980), Urban (1978) 获得的未处理生活垃圾的平均低热值是 8200

kJ/kg ，数值是比较高的，而且比家庭垃圾和商业垃圾的混合物还高。巴伐利亚州环境保护局，经过对本州较多的垃圾设施进行调查，证实纯生活垃圾的低热值在 430^0kJ/kg 和 5500kJ/kg 之间，平均 4914kJ/kg 。垃圾的含水量在 $42.93\text{—}49.31\%$ 之间，平均为 44.75% 。

垃圾热解和焚烧装置产生的废气、废水很多，它是有害物输入环境中的输送介质，必须经过处理使有害物排除或化合。垃圾和废物含有的特殊成份在处理时也会释放大量的有害物。例如：在家庭垃圾中纸（含颜料、填充物、胶等）和塑料（含稳定剂、颜料、添加剂）含量高，加上各类消耗物（废电池、染料、化学物品残渣等）、家庭用品等，使生活垃圾的氯和重金属含量比燃料煤高 $10\text{—}100$ 倍。

到目前为止，生活垃圾含有的有害物质的研究，涉及到填埋场的排泄物（渗液分析），热解和焚烧装置的气体、飞尘、过滤灰、废水等，籍此可以明确设备安全运转和保护环境的可能性。如果对原始的输入物不进行科学分析，那么所获取的排出物的数值是不可靠的，因而对有害物的存留不能做出肯定的结论。经对联邦德国各垃圾堆肥厂的堆肥产品进行分析，证实其重金属含量与使用的生活垃圾原料相符。下列重金属含量是对纯生活垃圾堆肥的质量分析得出的（质量比例是指干燥物质）：

锌 921—1356ppm

铅 358—804ppm

镉 2.7—5.6ppm

汞 2.2—3.6ppm

铜 150—240ppm

当然，这些数值不是经过分类的生活垃圾重金属含量，

也不包括含有害物的非堆肥化部分。英国的生活垃圾分析,扣除金属、惰性物质、玻璃等,对生活垃圾有机成份进行了主要物质N、S、P、Cl分析,而没有分析重金属。Nielsen (1978)对瑞典的城市生活垃圾进行了重金属分析,发现家庭生活垃圾含重金属的组份是很容易分类的。

在丹麦,考虑到生活垃圾灰尘等有害物载体及植物性垃圾的污染问题。对生活垃圾的重金属含量又进行深入研究,结果证实Pb、Cd、Zn、Cu等在家庭生活垃圾中的含量比植物性垃圾高40—300倍,但缺乏使用数值可比性的必要说明,至今有关家庭生活垃圾灰尘调查的最终报告还没有问世。

第三节 城市生活垃圾处理工艺

联邦德国现行的主要城市生活垃圾处理工艺是填埋、焚烧、堆肥、热处理等。城市生活垃圾的无害化处理率在稳步提高。

一、填 埋

联邦德国2/3的城市生活垃圾是利用填埋方法消纳处理的。虽然人们一直努力将垃圾填埋场以合理的办法进行安全处理,使之不同于自然坑穴填埋,但除因垃圾和填埋气体及其它问题影响环境之外,渗液中含有的有害物质对地下水源的污染构成了对场地周围环境的长期危害。

在填埋场长期运营过程中,填埋场的变化状况可以借助试验室渗漏试验和半技术规模的设备现场试验获得。试验结果证明,不仅填埋场地的所有边缘地带形成了渗漏沉淀,而

且还出现较大的出水沟。经对按填埋技术标准施工并对已运营多年的填埋场取样分析以后，证实即使施工时采用场地基础处理措施，及利用各类封闭材料，在多年运营过程中，并不能保证长期的封闭性能。

虽然知道重金属在常用的氧化铝矿物性结构中是惰化的，但通过溶解剂和电解也会受到损害和造成渗漏。塑制填埋场基础封闭层对一些化学物质（如芳香剂）有反渗透作用，但也会受到其它物质的腐蚀。这种状况在垃圾中环境化学材料越来越多的情况下是很难判断的。对垃圾卫生填埋场基础封闭的设想能否实现，这不仅涉及渗液中有毒物质的强度和延续的时间，而且也涉及卫生填埋场基础封闭材料的抗腐能力。选择垃圾卫生填埋场场址时，必须考虑到地下水流的方向及其表层的封闭程度。如果选定的垃圾处理场未经预处理，它会有许多空间蕴集和储存气体，至今这些垃圾卫生填埋场的气态能源没有得到收集、处理和利用。事实上，各方面基础条件都适合作垃圾填埋场的地址是很难找到的。

表 2-1 联邦德国城市垃圾处理状况

年	方 法	填 埋		焚 烧		堆 肥	
		% ⁽³⁾	卫生填埋场数量	%	设备数量 (75t/d)	%	设备数量
1975 ⁽¹⁾		75	约4400	22	33		约24
1982 ⁽²⁾		≈68	约4000	29	42		16

(1) Schenkel, 1977.

(2) Schmilt-Tege, 1982.

(3) 质量比，%。

在现阶段，选择和确定垃圾处理方法受到极大重视。

般都强调把大部分废弃物进行物资回收和能源回收，如物质循环、热处理和制堆肥产品。但是要保证这些物质和能源回收方法的顺利实施，需要对废弃物进行相应的预分选，使之成为一种重要的垃圾处理的辅助措施。

二、热处理法

热处理法是减少垃圾量的一种有效方法，尤其对于减少垃圾体积具有非常明显的优点。热处理法能够有效地处理垃圾中含有的有害物质，并且使垃圾含有的能量转换成能源。

垃圾热处理方式主要有三种，它们既可以单独使用，也可以联合使用。

1. 脱气（热解）

垃圾在250—900℃温度下进行干馏。有机物在不输入氧化剂的情况下热解，即去除挥发性成份，如水份、低温干馏气、碳氢化物和焦油等。只剩下含有固体碳的垃圾焦渣，它是一种惰性物质。热解产生的气体是一种可以利用的能源，可以在输入氧时燃烧。同时，这种气体同垃圾焚烧一样产生大量含有害物质的灰尘和有害气体。如果不在热解产气后直接进行燃烧（同垃圾焚烧出现的问题一样）就必须经过洗涤净化。烟气中的有害物转移到废水和污泥中。按目前要求，热解产生的残渣可以象焚烧残渣一样进行填埋处理。

2. 气化

垃圾在温度800—1200℃之间，并输入空气等气化剂，即使垃圾进入气化过程。气化是热解工艺的继续，它能够溶解在正常热解时结焦的碳化物中。气化时，垃圾中的有机物通过局部氧化可转换成可燃气体。气化气体产品的成份与热解产生的气体成份相同，但是这种气体的各类氧化物比例