

CHENGSHISHENGHUOLAJIGUANLI

城市生活垃圾管理

推进循环经济的前沿领域

Management of Urban Domestic Refuses

江源 刘运通 邵培 著

.305

中国环境科学出版社

福特基金会公共政策研究项目资助

城市生活垃圾管理

——推进循环经济的前沿领域

江 源 刘运通 邵 培 著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

城市生活垃圾管理: 推进循环经济的前沿领域 / 江源, 刘运通, 邵培著. —北京: 中国环境科学出版社, 2004.6
ISBN 7-80163-852-2

I. 城… II. ①江… ②刘… ③邵… III. 垃圾处理—研究
IV. X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 044790 号

三叶草工作室



即中国环境科学出版社环境科学编辑部。

工作室以出品环境类图书为宗旨, 服务社会。

工作室同仁愿成为您的朋友。

责任编辑: 黄晓燕

封面设计: 陆 臻

版式设计: 郝 明

出版发行 中国环境科学出版社

(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)

网 址: <http://www.cesp.cn>

电子信箱: sanyecao@cesp.cn

电 话: 010-67112735 传真: 010-67113420

印 刷 北京市联华印刷厂

经 销 各地新华书店

版 次 2004 年 6 月第一版 2004 年 6 月第一次印刷

印 数 1—5 000

开 本 880×1230 1/32

印 张 8.5

字 数 240 千字

定 价 22.00 元

【版权所有, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本工作室更换

序

在本出版物中所记述的研究工作是由福特基金会支持的公共政策研究资助竞争项目资助的。在这个改革时期，政府职能的转变对中国公共政策的形成提出了新的挑战。随着政府逐渐从经济单元中退出直接管理，其角色也逐步转向对经济环境和公共物品及服务提供的管理上。因此，良好的公共政策的形成就需要政府官员、研究人员和那些受政策发展影响的群体之间形成一种新型的互动模式。

公共政策研究资助竞争项目于 1998 年开始支持研究人员和政策制订者们从事特定的政策问题及公共政策形成方法的分析。最终的优胜者是由国内外高级经济学家和社会学家组成的委员会经过严格的评审后决定的。我们福特基金会为中国有这么多学者愿意致力于有关中国当代公共政策应用问题的研究而感到高兴。

研究只有在被沟通和理解后才能为政策的决定提供依据。因此，福特基金会同样通过该竞争项目资助出版其中一些优秀的研究成果。在此，我们祝贺在本出版物中发表自己著作的学者，并非常高兴能使其研究成果为更多公众所了解。

Sarah Cook
福特基金会北京代表处

前 言

综观发达国家的工业化历史和我国的发展历程,以资源高消耗和牺牲环境为代价的经济发展模式具有明显的不可持续性。我国人口多,资源相对不足,经济增长快,发展与资源可持续利用 and 环境保护之间的矛盾十分突出。因此,调整发展模式,将循环经济的理念贯穿到区域发展、产品生产和环境管理中,是推进可持续发展、实践科学发展观的重要保证。

在发达国家中,循环经济实践已经获得了一些成功经验,如杜邦化学公司的企业内部清洁生产和资源循环利用、丹麦卡伦堡生态工业园的企业或产业间生态工业网络。从 1980 年代末期以来,德国在一些城市先后进行试点研究,探索在垃圾管理和处置领域实践循环经济的有效途径,形成了体制独特的“德国二元系统”。在这个系统的经营与管理中,循环经济的理论研究和实践模式获得不断提高和发展。

生活垃圾资源再利用问题,不仅仅是在生产和消费末端出现的问题,而是贯穿于产品设计、生产工艺、流通、销售和消费过程中的问题,运用循环经济理论实现生活垃圾减量化和资源化管理目标,已经成为现代城市生活垃圾管理的发展趋势。

本项研究的重点在于探讨如何使循环经济理念在中国生活垃圾管理中得以实践和应用,探讨如何使城市生活垃圾的可持续管理政策措施和生活垃圾处理工程项目的费用分析理论及其应用。全书共分 13 章。第 1 章主要介绍生活垃圾管理和处置简史;第 2、3 章主要论述 LCA 理论在生活垃圾管理中的作用以及法律和行政措施在生活垃圾管理中的有效性;第 4、5 章重点分析了中国城市生活垃

圾的特点及其处置与管理现状,同时提出了部分政策建议;第 6、7 章对国外生活垃圾减量化管理措施和生活垃圾收费制度进行了全面介绍和分析;第 8、9、10 章针对中国生活垃圾管理中的收费和国外有效政策的推行等问题进行了专题性讨论;第 11、12 章论述了生活垃圾处理工程项目费用分析理论并给出了实例分析;书末列出了被引用的参考文献。

本书资料和数据丰富充实,既有理论分析,也有研究案例。可供相关专业的大专院校学生和教师在学习和教学中使用,也将为城市环境管理工作人员提供数据和思路,对于相关部门制定环境管理政策具有重要的参考价值。

本研究受到福特基金会的资助,也受到美中学术交流委员会的大力支持。没有他们的支持与帮助,是不可能获得这项研究成果的。福特基金会北京代表处负责人 Sarah Cook 女士,对本项研究给予了高度关注,并亲自为研究成果的出版作序。美中学术交流委员会北京办事处主任 Keith Clemenger 先生,对项目研究工作给予了很多鼓励,项目的顺利完成与他的支持是分不开的。项目在案例研究、工程设计和问卷调查与分析中,受到了来自多方面的合作和支持。特别值得提到的是原北京市环境卫生局王维平高级工程师热情地提供了许多很有价值的参考资料,参与了多次讨论,对本项目的完成起到了至关重要的作用;原北京市南宫堆肥厂王渝晋厂长为项目调研工作提供了很多方便;北京工业大学程静教授、德国不莱梅大学的 Schmidt 教授、德国哈勒大学的 Will 博士提供了大量国内外相关文献,丰富了项目工作组人员的研究思路;中国国际工程咨询公司的陈文晖博士、樊明远处长、上海市环境卫生管理局徐振渠高级工程师、西安市市容环境卫生管理局益南处长在资料收集方面给予了大力支持;上海交通大学陈迪教授、赵旭教授、北京师范大学谢云教授、深圳市刘小霞女士等对问卷调查提供了很多帮助;北京地球村主管蓼晓义女士、清华大学胡秀仁教授和施祖麟教授对项目研究提出了许多宝贵建议;北京师范大学张先根、周燕芳、刘峥、陈科、侯会乔、冯伟、曹彤等同学,西安交通大学江南等同学,

在问卷调查和数据分析中发挥了重要作用；在此我们一并表示衷心感谢。还要特别感谢的是北京师范大学梁进社教授，在城市生活垃圾定价及计量收费案例研究方面，为本课题作出了重要贡献。北京师范大学康慕谊教授不仅在数据分析中给予了很多指导，而且对数据进行了全面审核并提出了许多改进建议。借此机会我们向给予过我们直接或间接帮助的所有同事和朋友一并表示衷心感谢。

由于本书涉及内容广泛，限于我们的理论水平和实践经验，错误和不足之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

北京师范大学资源学院	教授 博士 江 源
北京工业大学建筑工程学院	教授 博士 刘运通
北京市北清机扫集团有限责任公司	董事长 邵 培
2003 年 6 月 2 日	

目 录

1 生活垃圾处置与管理发展简史	1
2 生命周期评价与生活垃圾全过程管理	5
2.1 生命周期评价理论的产生和发展	5
2.2 生命周期评价的方法	7
2.3 生命周期评价的需求动力	9
2.4 生命周期评价对具体产品的应用	10
2.5 生命周期评价在环境和垃圾管理公共政策中的应用	13
2.6 生命周期评价在我国垃圾管理中的应用案例	21
3 工业化国家的垃圾管理立法及其作用	31
3.1 宏观环境政策和法规	31
3.2 德国固体垃圾管理的法律和政策	32
3.3 循环经济与垃圾法及其实施效果	36
3.4 美国固体废弃物管理法规	46
4 中国城市生活垃圾变化、管理与处置概况	52
4.1 中国城市概况	52
4.2 中国城市生活垃圾处理与管理基本体系	53
4.3 中国城市生活垃圾概况	55
4.4 中国城市生活垃圾变化与国外城市生活垃圾变化对比	65
4.5 生活垃圾处置和管理的变化与发展	66
4.6 铁路站车垃圾现状与管理	72

5 城市生活垃圾收集过程的管理：现状—问题—建议	77
5.1 国际经验：德国收集固体垃圾的二元系统	77
5.2 中国城市生活垃圾分类收集可行性与政策建议	86
6 可利用物质回收和再生产品的市场分析	96
6.1 回收产业构成与回收物质及其再生产品市场分析	96
6.2 中国城市生活垃圾资源化利用现状及其产业化前景	104
7 生活垃圾减量化管理的国际经验	119
7.1 垃圾减量的间接措施	121
7.2 垃圾减量的直接措施	126
7.3 生活垃圾减量试验	127
8 生活垃圾收费的核算方法与效果评价	132
8.1 收费对垃圾排放量的作用	132
8.2 收费对物质再利用的影响	135
8.3 清运和消纳垃圾的费用分析——德国垃圾收费系统案例	137
8.4 收费标准与收费对象	142
8.5 收费模式的对比分析	146
8.6 企业经营中的费用构成	152
9 中国城市生活垃圾收费政策初步研究	156
9.1 垃圾收费政策的目标与现行收费模式	157
9.2 垃圾收费数额的确定与案例研究	159
9.3 生活垃圾收费模式探讨	166
9.4 环卫作业市场价格体系探索	169
10 垃圾全过程管理规划与公众态度	186
10.1 规划过程步骤	186
10.2 全过程规划与中国城市生活垃圾管理体系的比较	189

10.3 城市生活垃圾管理政策的公众认同度	193
11 垃圾处理项目的经济评价	203
11.1 垃圾处理项目经济评价的目的与意义	203
11.2 垃圾处理项目经济分析原理	205
11.3 垃圾处理项目经济评价方法	209
11.4 垃圾处理项目的费用构成	216
12 垃圾处理项目经济评价实例	227
12.1 项目概况	227
12.2 评价方法与参数	228
12.3 项目费用计算	231
12.4 经济评价结果	250
12.5 垃圾转运站和堆肥厂的经济评价	252
参考文献	256

1 生活垃圾处置与管理发展简史

垃圾通常被定义为：对拥有者无用而丢弃的物品或材料 (Tchobanoglous et al,1993; Bilitewske et al,2001)。垃圾是人类生活过程中不可避免的产物，随着社会经济和科学技术的发展，人类对垃圾的认识不断深化，处理方法和手段也在逐步改进和不断提高。

早在公元前 9000—前 8000 年，人类就开始在居住地之外的场所寻找生活垃圾（如贝壳、骨头或碎陶片等废弃物）的堆放地。到公元 15 世纪，在欧洲和亚洲的一些城市中已经形成了城市生活垃圾处理系统的雏形，如定期清扫街道、生活垃圾容器化收集以及对感染瘟疫而死亡的动物和人的尸体进行焚烧处理等等。

然而随着人类社会的发展，城市化过程不断加剧，垃圾的排放量也迅速增加。由于大量生活垃圾在居住区周围的简单堆放，居民点卫生条件恶化，使居住区的生活环境受到严重破坏，水源污染、疾病流行等事件时有发生。公元 1347—1352 年，在人口密集的欧洲，由于居住环境恶化引起瘟疫流行，导致了当时大约 1/3 人口（2 500 万）的死亡。1831—1847 年，仅仅在普鲁士就有 38 万人死于霍乱 (Hösel, 1991)，在汉堡。1892 年大约有 9 000 人由于饮用了受到霍乱病毒严重污染的水而失去了生命。

人类在付出了巨大的代价之后，逐步认识到妥善处理垃圾的必要性。随着科学技术的发展，19 世纪中、后期人类对于细菌和病原体导致疾病传播等问题有了突破性认识，同时也认识到生活卫生条件与细菌和病原体的产生和传播密切相关。因此，净化水源、保护居住环境、改善卫生条件等问题开始逐步引起各有关方面的高度

重视，人类由此开始了垃圾处理技术工程研究。1876 年在英国首次建立垃圾焚烧设施（Erhard，1991）。此后，世界各国不断改进垃圾处理技术，到 19 世纪末，已开始尝试垃圾焚烧过程中的可利用能量和材料的回收。1898 年，美国纽约市首先建立了垃圾分选场，使占生活垃圾总重量 37%的成分被作为可再次利用的物质得到回收（Vesilind & Rimer，1981）。几乎在同一时期，德国的汉堡、柏林和慕尼黑等大城市也开始尝试进行垃圾的分类和回收。1960 年代以来，随着经济的飞速发展和消费观与需求观的变化，垃圾产量骤然增多。为了安全有效地处理垃圾，世界各国不仅采用焚烧，而且采用填埋和堆肥等方法对垃圾进行有效处理。

1970 年代之后，人类对环境问题日趋重视，环境监测手段和技术也不断提高，由垃圾处理造成的新的环境问题又成为社会各方关注的焦点。如垃圾焚烧炉排放废气中的烟尘、氯化物、硫化物、重金属以及被认为是迄今毒性最大的物质二噁英，垃圾填埋场产生的渗沥液等对土壤和水质的污染，由于使用质量不佳的堆肥产品，或因使用方式不当而造成的重金属污染等，已被列为迫切需要解决的问题。因此从 1970 年代末，各个发达国家普遍对垃圾的无害化处理给予高度重视，并投入大量资金进行技术开发与研究。进入 1980 年代以来，人们明确地认识到，垃圾问题不仅与物质利用和生产活动有关，也与社会组织、生活习惯以及消费行为等密切相关，因此垃圾问题的解决不可能靠某一项技术或某几项工程，只能通过由全社会参与的系统工程逐步实现，其主要目标为实现垃圾减量化、垃圾资源化和垃圾处理无害化。

综观国内外生活垃圾处理和管理中的理论探索与实践经验，不仅都经历过从以工程技术措施为主的末端处理，到以减量化、资源化利用为重心的全过程管理的转变过程，同时也大都实现了在国家优惠政策的支持下，充分利用市场机制，依靠健全的垃圾产业解决生活垃圾问题的管理模式。建立这种管理模式的思路主要体现在以下几个方面（江源，1998，2002）。

（1）通过宣传转变公众意识是实现生活垃圾源头减量的前提

无论采取何种手段提高垃圾中资源成分的利用和垃圾处理能力，都属于补救性的方案，也都避免不了为此付出经济和生态方面的双重代价。因此采取有效措施，实现垃圾源头减量，已成为很多国家所重视的主动性垃圾对策，它构成了垃圾管理的第一目标。人是生活垃圾排放的主体，垃圾排放量的增加与整个社会的行为密切相关，特别是个人和家庭管理行为对之影响极大。因此，在生活垃圾管理中，只有用宣传教育手段转变公众意识，才有可能实现生活垃圾的源头减量。

（2）产业化道路是实现垃圾资源化利用的有效途径

无论是垃圾物质回收还是垃圾能量回收的实施，都需要通过企业活动才能完成。1970 年代以来，很多国家都采取各种措施，如通过税收返还、提高工资级别、给予财政补贴和低息贷款等，促进垃圾产业的发展；同时不断严格管理制度，确保部分税收收入用于垃圾处理、回收和循环利用体系的开发；不仅如此，同时还在用地方面给予地价优惠，提供无偿业务和技术咨询，设立专项研究基金，支持关于垃圾回收、分选、物质再生利用和最终无害化处理技术等方面的科学研究。至今，很多国家垃圾中可利用成分的回收和利用等，都由相关产业部门进行实施。

日本的“产品责任法”规定，包括包装行业在内，企业不仅必须对产品使用质量负责，而且必须对产品使用后形成的垃圾负责。这就迫使企业在开发新产品、新包装的同时就将废弃物的回收和资源循环利用一并进行考虑。联邦德国的 DSD 系统也是一个推行循环经济的成功实践。由于德国法律对包装品的回收和再利用等有明确规定，因此 1990 年在德国由商业、消费品工业、包装品工业和材料供给商等行业共同成立了 DSD 有限责任公司，其任务是完成法律规定的分选和回收比例，负责对玻璃、废纸、金属和人造物等包装品材料进行回收，从而保证了可再生利用物质的回收和利用。自 DSD 系统工作以来，可再生利用的包装品物质的回收利用率不断提高，到 1995 年各类物质的回收率均超过 80%，分选率均超过 60%。

(3) 法律和经济措施是达到垃圾源头减量目的的有效手段

垃圾资源化利用，虽然具有极其重要的环境和生态效益，但如果完全由企业判断是否使用垃圾资源，那么只有当利用垃圾资源比利用新资源能给企业带来更多利润时，才能保证获得实现。然而由于技术、经济和社会等各方面因素的影响，再生资源的利用受到原生资源开采利用的竞争，常常使企业难以作出利用再生资源的选择。因此为了保证废弃物资源化利用，必须制定相关法规，运用法律的强制手段，规范人们对资源的开发、节省、回收与利用。

法律具有强制性作用，从 1970 年代起，美、日、英、法、德、丹麦、瑞士等国家都采取有效的法律措施，以保证垃圾的有效处置和科学管理。如丹麦规定：“废汞电池由商店回收，送回生产部门，以便再生利用”。美国国会于 1976 年通过了“资源保护与回收法”，1989 年美国法律还规定，对每一种主要纸产品都要有最小的废纸配比量。德国是关于垃圾立法较为完备的国家，1972 年首次颁布垃圾法，对垃圾清除问题作出了有关规定，1986 年增加了有关垃圾减量和再利用的规定，特别是对包装品的回收进行了明确规定，禁止单向流程（即不可回收利用）的包装品在市场上的使用，禁止对可回收物品的非回收性处理（如填埋、焚烧等）和垃圾的非法堆放。在法律法规的制约下，1990 年德国包装品行业成立了 DSD 股份有限公司，一方面负责包装品的回收利用，另一方面通过向有关企业发放包装品绿点标记征收费用，以控制包装品生产量并保证使用材料的可回收性和可再利用性，不仅对垃圾中包装品成分的回收利用而且对垃圾总量的减少产生了明显影响。

除了立法之外，采取必要的经济措施，如实行合理的垃圾收费制度等，对垃圾排放量的控制和减少也具有明显效果。

2 生命周期评价与生活垃圾全过程管理

资源高效利用和环境保护是维持人类生存环境、社会稳定和经济发展的基本保证，已引起世界各国政府的高度关注，在我国经济高速发展的今天，树立科学发展观，强调可持续发展，提倡循环经济，也已在全国范围内获得共识。然而，如何实现可持续发展，实践循环经济，则需要在理论和实践上不断探索和尝试，需要与之相配套的管理体系和有效措施。理论上，我们需要重新认识环境问题与人类生产方式及消费模式之间的关系，探讨绿色 GDP 核算体系；在实践中，应该探索资源保护和环境治理中企业成本与社会受益冲突的可能解决途径，探索通过制度变革和管理创新协调人与自然、经济发展与环境保护的矛盾。在需要探索的诸多问题当中，正确评价生产过程中资源与环境的损耗是不可缺少的重要基础。

生活垃圾一方面含有大量可重复利用的资源，另一方面对环境造成影响，其管理系统具有相对完整的体系，并能够形成较为清晰的生产—消费—排放链，为探索推进循环经济的管理体系提供了条件。作为资源与环境管理中的一种有效措施，生命周期评价在世界很多国家城市生活垃圾及其相关领域的管理中获得应用。

2.1 生命周期评价理论的产生和发展

生命周期评价的基本思想始于 1960 年代后期，最早是以在美国开展的一系列针对包装品的分析、评价，当时称为资源与环境状况分析（REPA）为开端的。生命周期评价研究开始的真正标志是，美国中西部资源研究所（MRI）1969 年对可口可乐公司饮料包装

瓶进行评价的研究。该研究尝试从最初的原材料采掘，到最终的废弃物处理，进行全过程的跟踪与定量分析，即通常所称的“从摇篮到坟墓”分析（Cradle to Grave Analysis）。正是由于 MRI 针对饮料瓶的研究结果，使得可口可乐公司在大容量包装方面放弃了过去长期使用的玻璃瓶，转而采用至今仍然使用的塑料瓶。

1970—1974 年，整个 REPA 的研究焦点是包装品废弃物问题。1972 年由美国国家环保局委托 MRI 进行的饮料包装瓶研究是 REPA 研究的一个里程碑。该研究涉及了玻璃、钢铁、铝、纸和塑料等工业部门以及其他相应的支持部门，分析了大约 40 种材料。研究结束后，美国国家环保局于 1974 年发表了一份公开的研究报告，在此报告中提出了一系列较为规范的生命周期评价的研究框架。随后欧洲一些国家的研究机构和私人咨询公司也相继开展了类似研究，如英国的 Boustead 咨询公司、瑞典的 Sundstrom 公司等。然而，1970 年代环境问题的核心是能源问题，人们一方面开始意识到化石燃料的有限性，提出必须进行资源保护，另一方面认识到能源生产是污染物主要排放源，因此 REPA 在这一时期的研究普遍采用了能源分析方法。

然而，就生产系统而言，如果一个在系统内部不进行物流的测算，就不可能进行能源平衡分析，同时随着 1970 年代末到 1980 年代中期出现的全球性的固体废弃物问题，这种研究方法便逐渐成为一种资源分析工具。1975 年以来，美国国家环保局开始放弃对单个产品的分析评价，继而转向于如何制订能源保护和固体废弃物减量目标。同时欧洲经济合作委员会（EEC）也开始关注生命周期评价的应用，并于 1985 年公布了“液体食品容器指南”，要求企业对其产品生产过程中的能源、资源以及固体废弃物排放进行全面的监测与分析。

1990 年由“国际环境毒理学与化学学会（SETAC）”首次主持召开了有关生命周期评价的国际研讨会。在该会议上首次提出了“生命周期评价（Life Cycle Assessment, LCA）”的概念。在以后的几年中，SETAC 又主持和召开了多次学术研讨会，对生命周期评价

从理论与方法上进行了广泛的研究和探讨。

我国的生命周期评价应用研究与国外相比，还存在着相当大的差距。到目前为止，还仍然处在起步阶段，应用性研究也并不广泛，只是在某些领域进行了初步探讨。如南昌航空工业学院的陈士明等（2000）对包装材料——塑料与纸进行了生命周期评价研究，他们通过简式生命周期矩阵对这两种包装材料进行了分析和评价，结果表明，通过“以纸代塑”来缓解“白色污染”现象并不是最佳方案；徐成等（1999）对生活垃圾的不同处理方式进行了 LCA 评价，并对这几种处理方式的环境影响潜力和处理成本进行了详细的计算和分析，结果表明，综合法处理垃圾在环境效益和经济效益方面都优于焚烧、简单填埋和卫生填埋。

2.2 生命周期评价的方法

关于 LCA 的准确定义，目前还存在一些争论。但其核心都是“对材料或产品从制造、使用、回收、废弃与处置等全过程中的环境影响进行综合评价”。ISO14040 草案中的 LCA 定义是：在产品或服务系统整个生命周期中，对产品或服务系统功能直接相关的环境影响、物质和能源的投入产出进行汇集和测算的一套系统方法。

1993 年，SETAC 在“生命周期评价纲要实用指南”中将生命周期评价的基本结构归纳为四个有机联系的部分（图 2-1）：定义目标与确定范围；清单分析（inventory analysis）；影响评价（impact assessment）和改善效果评价（improvement assessment），其目标是环境、经济和效益的三赢效果（杨建新等，1998）。此外，各个国家和地区都在发展自己的生命周期研究方法。目前，生命周期研究方法的主要代表有以美国为代表的北美生命周期研究方法、以荷兰等国家为代表的西欧生命周期研究方法以及国际标准化组织发展的 ISO14000 的生命周期研究方法。各种方法有各自的特点，但从整体上都是以产品为基础，研究产品从摇篮到坟墓的全过程的环境影响。