

解决中国城市生活垃圾问题的系统工程思路

Approach to the Comprehensive Disposal of Household Refuses in China

江 源

(北京师范大学资源科学研究所、国家教委环境演变与自然灾害开放研究实验室, 博士、副教授 北京 100875)

垃圾是人类生活的产物,随着经济发展,世界各国的垃圾产量也不断增加。我国 1982 年城市居民人均产垃圾 0.88 公斤,到 1990 年增加到 1.25 公斤;英国 1971 年人均日产垃圾 1.45 公斤,到 1990 年人均日产垃圾增加到 1.72 公斤。如何有效地控制、利用和处理垃圾,不仅关系到我国经济的可持续发展,而且是人类在 21 世纪共同面临的挑战。本文根据发达国家的垃圾治理经验和我国的垃圾治理现状,用系统工程的思路,探讨我国城市生活垃圾的出路问题。

采取有效措施实现生活垃圾源头减量化

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,实现从源头对垃圾进行减量,已成为很多国家所重视的主动性垃圾对策,它构成垃圾系统工程的第一目标。

1. 采用宣传教育手段转变公众意识是实现生活垃圾源头减量的前提

随着生产能力提高,各种产品的制造者都在千方百计地通过广告和产品性能的提高和改变,刺激消费能力的增长。与此同时生活节奏的加快,增加了生活中对一次性消耗物品的需求,如袋装食品、纸质餐具和各种便于携带的包装用品等;对工作效率的追求,使复印机、计算机等广泛进入办公室和家庭,导致纸张的消耗量猛增。据对美国、日本、法国、德国、中国、印度和巴西等国资料的统计,在垃圾资源经济有机成分中,纸类不仅所占比例最高,而且其比重也是上升最快的成分之一,在 1965 年到 1990 年之间,平均所占比重为 32.93%,大约每 4 年上升 1 个百分点(图 1)。此外,家庭的小型化和家庭流动性的增强,使人均垃圾排放量明显增加,在日本一个 6 口之家中人均垃圾日排放量约为 300

克,而单身独处者的垃圾日排放量则高达 600 克。

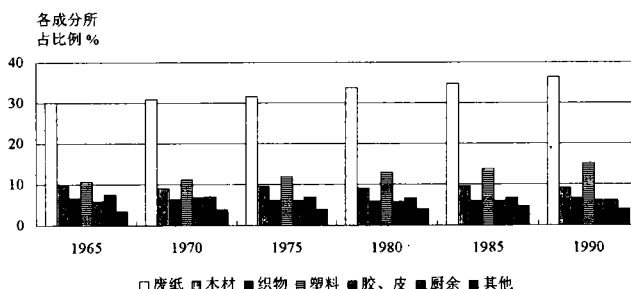


图 1 各类垃圾资源经济有机成分的变化

由此可见,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。作为消费者的人,位于生产—消费链的末端,是垃圾的直接排放者。因此要达到从源头对垃圾进行减量的目的,首先要通过广泛的教育和宣传,使公众形成垃圾减量的意识。没有全社会以及公众的参与配合,没有消费者的合作,生活垃圾的源头减量几乎是不可能的。

2. 生活垃圾源头减量的可能和潜力

为了证实对生活垃圾进行减量的途径和效果,联邦德国曾在柏林和汉堡等地进行过实验研究。结果表明,通过采取说服居民调整消费行为的措施,如购物时选择瓶装,特别是收取押金的瓶装饮料,避免使用一次性消耗包装品,如纸杯、纸盘等,尽量不使用罐装饮料和食品等,达到了明显的效果。在采取调整措施之前,人均周垃圾排放量为 4.33 公斤,采取调整措施后人均周排放量下降为 3.44 公斤。其减量效果约为 20%,在开始采取措施后的半年中仍然具有大约 16%的减量效果(表 1)。

3. 法律和经济措施是达到垃圾源头减量目的的有效手段

法律具有强制性的作用,从 70 年代起,美、日、英、法、德、丹麦、瑞士等很多国家都采取有效的法律措施,以保证垃圾处理 and 实行垃圾科学管理。如

表 1 开展减量活动后人均周垃圾排放量的变化

	试验开始		对比结果 1		对比结果 2	
	克/ 人·周	占比例 %	克/ 人·周	减少量 %	克/ 人·周	减少量 %
垃圾总量	4 334	100	3 640	-16	3 443	-21
纸板类	606	14	490	-19	315	-49
报纸	386	9	353	-8	362	-6
玻璃	1 014	23	921	-9	827	-18
金属	204	5	138	-35	144	-32
人造材料	144	3	132	-8	119	-17
混合物质	89	2	80	-10	87	-2
其他	1 888	44	1 526	-19	1 589	-15

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”。

德国是关于垃圾立法较为完备的国家之一，1972 年首次颁布垃圾法，1986 年增加了有关垃圾减量和利用的规定，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。在法律作用的约束下，1990 年德国包装品行业成立了 DSD 股份有限公司，有关企业需向 DSD 缴纳费用，供 DSD 按法律要求的分选和回收比例，负责对玻璃、废纸、金属和人造物等包装材料进行回收。交费后的企业可以在产品上注明“绿点”标记，表明企业在环保方面尽到责任，以获得消费者支持。法律和经济手段的双重制约，保证了垃圾中包装品成分的回收利用，对垃圾总量的减少产生了明显影响。1992 年的包装品消耗量与前几年相比，减少了 4.3%，相当于减少 66.1 万吨。1992 到 95 年大约回落 45 万到 50 万吨。

除了立法之外，实行合理的垃圾收费制度，对垃圾排放量的控制和减少也具有明显效果。垃圾收费制度目前主要是针对企业进行的，对于生活垃圾的收费制度只是在有限的范围内推行，而且在很多情况下是采用平均收费体系。然而一些研究表明，采取按量收费能够达到更好的垃圾减量效果。联邦德国不同城市试行的垃圾收费结果表明，采用按量收费体系与采用平均收费体系相比，可达到 18.4～34.3% 的垃圾减量效果。

鼓励垃圾资源化利用，积极发展垃圾处理 and 垃圾资源化产业

垃圾资源化是一项兼具经济和生态双重效益的事业。由于垃圾中含有大量的资源经济成分，利用被回收的资源不仅能够节约原生资源和资源开

发中的能源需求，而且能够减少污染，减少需要最终被消纳处理的垃圾数量。因此在垃圾系统工程中垃圾资源化利用成为重要环节之一，是垃圾系统工程的第二目标。

1. 城市生活垃圾中的资源成分和能量

垃圾的资源化利用是由垃圾本身的物质构成特点决定的。随着生产力发展水平的提高，科学技术的进步，生产与消费结构和社会制度的变革等，垃圾中可利用成分所占比例也有不断增加的趋势，北京市 1995 年不同取样点的垃圾成分分析表明，垃圾中可回收物质的平均比例约为 47%，其中占比例最大的成分为纸张和塑料（图 2）。垃圾中不仅含有大量可再生利用的物质，而且含有大量能量，发达国家城市生活垃圾的能量值约为 6 270～11 286 千焦耳/千克，发展中国家约为 2 508～4 180 千焦耳/千克。城市生活垃圾中的物质和能量构成表明，垃圾的再生利用具有很大潜力。对垃圾再生利用给予政策、资金和技术开发方面的支持，是垃圾系统工程的重要任务之一。

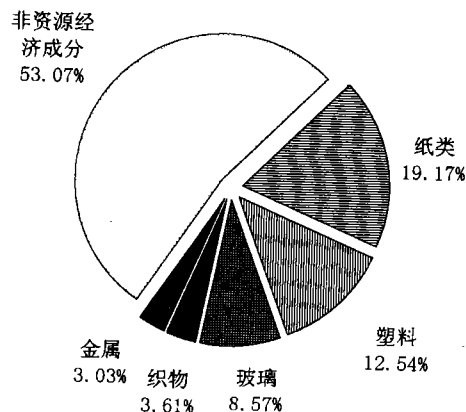


图 2 1995 年北京市不同取样点垃圾中可利用成分平均所占比重

2. 产业化道路是实现垃圾资源化利用的有效途径

无论是垃圾中物质还是能量回收的实施，都需要通过企业活动才能完成。70 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优惠，提供无偿技术咨询，设立专项研究基金，支持垃圾回收、分选、物质再利用和最终无害化处理技术等方面的科学研究。目前很多国家垃圾中可利用成分的回收和利用，都已由相关的产业部门进行实施。据 1992 年第二届东京国际包装展览及学术研讨会报告，根据包装产业的总投资统计，包装品和生产产业与包装品回收

处理产业的比例,美国为 80 : 1,日本为 47 : 1。

联邦德国的 DSD 系统也是包装品回收利用产业化的成功实践。在法律对包装品回收和再利用规定的压力下,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 有限公司,将垃圾中可再生利用的包装品材料的回收处理纳入企业活动的范畴。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. 垃圾资源化利用必须纳入法制轨道

垃圾资源化利用,虽然具有极其重要的环境生态效益,但如果完全由企业判断是否利用垃圾资源,必须是当利用垃圾资源比利用新资源能给企业带来更多利润时,才可保证获得实现。然而由于技术、经济和社会等各方面因素的影响,使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。因此要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。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;日本也在实施循环利用法,明确了企业对废物的责任,要求企业尽量减少废弃物的排放,积极解决废弃物的处理与循环利用;联邦德国、法国等以及整个欧共体对生活垃圾中资源成分的回收和利用都已经或正在纳入法制轨道。

从实际出发,采取有效的垃圾消纳措施

垃圾减量和垃圾资源化利用,具有大大减少垃圾消纳过程中垃圾处理数量的效果,但不能代替垃圾的最终消纳措施。因此在现有的条件下,兼顾经济生态两方面的效益,采取有效的垃圾消纳措施,是垃圾系统工程的第三目标。

1. 卫生填埋与焚烧手段的比较分析

通常认为垃圾处理中的焚烧和卫生填埋是城市垃圾两大主要消纳手段,而卫生填埋一般被认为是各种废物的最终处理手段。与垃圾焚烧相比,卫生填埋法能够以较低的费用处理大量的垃圾。根据德国垃圾产业的费用预算,一个年填埋量为 2.5 万 m³ 的填埋场,处理费用约为 380 德国马克/吨,而一座年处理能力为 10 万吨的垃圾焚烧设备,处理费用则高达 2420 德国马克/吨。然而卫生填埋对耕地的占用量大,随着垃圾量的逐渐增多,不少城市的垃圾填埋场已被填满或接近饱和,城市附近又很难找到适宜的垃圾填埋场地,若到更远的地方填埋垃圾势必造成费用大幅度提高。此外当处理工程措施

不当时,垃圾填埋渗沥液会对土壤和地下水造成严重污染。

垃圾焚烧也是一种被广泛采用的消纳垃圾手段,在一些国家,如日本、瑞典、丹麦等,由于土地紧缺,焚烧成为垃圾消纳的主要手段。该方法的主要优点之一在于,能有效地减少垃圾的填埋量,经焚烧后只有大约相当于垃圾最初体积的 8% 需要最终填埋;焚烧的第二个优点在于能量的回收和部分烧结渣的再次利用。这既是对资源和能量的节约,在经济上无疑也是对垃圾处理部门的一种补偿。但垃圾焚烧不仅费用高,而且对垃圾的热值含量也有较高的要求,一般认为当垃圾的热值达到 3 350 千焦耳/千克时,才适合于进行焚烧处理。此外如果设备质量不过关,焚烧过程会产生有害气体。

2. 我国的城市生活垃圾与消纳手段的选择

在垃圾消纳工程中,采用何种手段不仅应综合考虑地区的土地资源特点、经济条件和城市垃圾的热值等,也要考虑城市规模和垃圾产量的多少。就我国城市规模而言,其人口多在 10 万以上,按照人均日产垃圾 1 公斤计算,垃圾的日排放量超过 100 吨。因而从垃圾的日产量看,能够保证中等处理能力的垃圾焚烧设备在全年 85% 的时间内正常运转,具有回收能量的可行性。然而我国城市垃圾的热值普遍偏低,平均约为 2 721 千焦耳/千克,仅为发达国家城市生活垃圾热值的 1/2,尚不能达到垃圾焚烧所需要的热值标准,加之经济条件的限制,因此,焚烧手段的优点在我国尚不能得到很好发挥,卫生填埋当在今后相当长的时间里,成为对我国城市生活垃圾最终消纳处理的主要方式。然而随着经济的不断发展,垃圾热值也会不断提高,从我国耕地紧缺、人口众多的国情出发,垃圾焚烧措施在我国未来垃圾消纳手段的选择过程中,将会不断显示出自身的优势所在。

实施垃圾处理的系统工程是解决我国城市垃圾问题的最佳选择

垃圾处理系统工程的目的,在于通过从源头开始的垃圾减量和资源化利用,尽可能地使需要被最终消纳的垃圾数量减少到最小,以节省土地资源和降低处理费用,同时改进垃圾处理手段,使垃圾及其处理方式对环境污染影响降到最低。此外垃圾处理系统工程也在探索如何优化人类对资源和能源的利用方式。按照这个思路,在城市生活垃圾的技术处理中,应该形成由回收、分选、堆肥、能量和废渣利用等步骤构成的综合体系(图 3)。在这一方面,联邦德国格拉兹市的垃圾处理,为垃圾系统工程所能达到的效果提供了一个很好的实例:根据该城市的垃圾处理数据,如果将该市生活固体垃圾(85%)

(下转第 48 页)

2. 大力倡导使用劳动密集的农业技术。在保证完成农业经济发展目标的前提下,凡是能用人力完成的工作,不要急于用资本去替代。大力提高人口城市化的速度和非农产业对农村剩余劳动力的吸纳能力,并依此决定剩余劳动力的释放速度和省力化技术的推广速度,避免释放速度与吸纳速度严重失衡,以缓解就业压力,减少资源浪费。

3. 投资与投劳兼容互补,互相促进。既要大幅度地增加对农业的投资,又要增加对农业的投劳。坚持用工业武装农业,包括增加农机的使用。但增加的投资主要应用于能够大幅度增产增收,抗御灾害减少损失,以及能够创造新的劳动需求和就业机会等方面。而不是不恰当地用资本去排斥劳动,不是花钱买劳力过剩,去制造人机争活,去制造失业。

4. 大力发展提高土地生产率的技术,采用高新技术成果与开发利用劳动资源相统一。技术的先进性应与生产的适用性和经济的合理性相结合。既要大量采用高新技术成果,又要重视把不同层次、不同类型、不同水平的技术组成合理的结构,使技术结构与当地资源禀赋和存量结构相协调;既要实现高产、优质、高效的目标,又要体现高就业、节资型(节地、节水、节能等)、可持续发展等要求。用丰富的资源(如劳动)去替代稀缺的资源(土地和资本),而不是相反。

5. 既要发挥科学技术推陈出新,不断淘汰旧工艺、旧工种的功能,更要重视面向市场、开拓市场、创造市场。应大力创造新技术、开辟新门路,如新产业、新产品、新工艺、新的服务项目等,创造新的劳动需求和就业机会,并使新创造的就业机会在数量上要超过被淘汰掉的工作岗位。特别是在发展多种经营、发展产后增值技术、推进农业产业化等方面

潜力极大。

6. 增加劳动积累,扩大农村基础设施建设规模。庞大的农村剩余劳动力既是我们经济发展和生活中的一大难题,又给我们带来前所未有的发展机遇。关键在于能不能把巨大的劳动资源转化为资本,转化为财富。我们应当抓住当前有利时机,适当集中人力、物力、财力,大力加强农田基本建设和经济社会发展所亟需的基础设施建设。办成这件事,需要几个条件。一是要选好项目,科学设计。二是要有一个好的机制,即一个能够吸引广大农民像储蓄一样把自己的剩余劳动积聚起来的机制。三是要有好政策,即能够保护广大农民利益,保护农民劳动成果不受侵犯,保护农民劳动积极性的政策。四是要有一定的资金支持。五是要有一批能身体力行,以身作则,团结带领广大农民艰苦奋斗的干部。有了这样几个条件,抓住当前农村劳动力资源极为丰富的时期,在扩展农村基础设施方面持续大干苦干几年、十几年,将会为农村的长远发展,为农村的现代化,打下坚实的基础。

7. 把推进农业现代化和吸取传统农业的精华结合起来,把引进和创新结合起来。我国传统的精细农艺技术,有极大的高产潜力。早在1952年,在当时的品种、肥料、农药、灌溉等条件与现在相差甚远的条件下,就创造出亩产水稻1400斤,小麦、玉米900斤,棉花300斤的纪录。我们要把优良的传统技术、引进的先进技术和自主的创新能力,紧密结合起来,经过整合而不是凑合,形成适合我国国情省情的新的农业技术体系。不要急忙去模仿西方发达国家高度自动化、省力化的技术模式。

最后建议有关单位应组织力量,对上述问题深入研究。
(责任编辑 王宏章)

(上接第10页)

和污泥(15%)的总量看作100%,通过对固体垃圾中可再生利用物质的回收利用使垃圾量减少30~34%,通过堆肥使垃圾总量减少55~60%,最终通

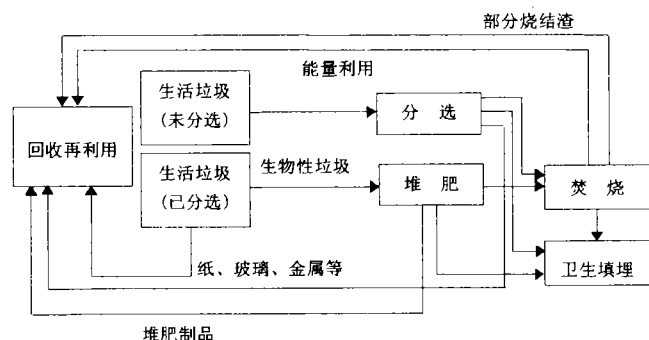


图3 城市生活垃圾综合处理的理想模式

过卫生填埋消纳的垃圾量仅仅占最初总量的6~15%。

研究和总结发达国家以及我国本身在处理垃圾问题过程中的经验,可以看出垃圾问题是一个社会化问题。它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只靠某一项技术或某几项工程,也不是单纯由环卫部门进行清扫、收集和消纳就可以实现的,必须实施由社会各方面参与的系统工程,运用法律、政策、教育、信息管理、企业活动和工程技术等多种手段,实现城市生活垃圾的减量化、资源化和消纳处理的无害化。为了达到这一目的,应该立即开展多方面的相关研究,制定适合于我国国情的垃圾系统工程实施方案。

(责任编辑 蔡德诚)