

威斯康辛大学报告的重要观点\事实和结论的概要和解释

-----五种垃圾处理方式的全面比较

1998年4月

为了获得符合事实的关于不同的生活垃圾处理方式的优缺点及大家所关心的相关数据,国家制热\管道\制冷联盟委托威斯康辛-麦迪逊大学来对五种垃圾处理方式进行了比较. 这个比较包括了需要的土地, 整个过程中所需要的能源, 整个系统所需要的物资, 对环境的影响及每种方法所需要花费的总成本.

国家工程部门的罗伯特.哈默博士和另一位全国著名的垃圾填埋专家被推选为该调研的领导和监督者. 这个调研历时四年,最后得出的报告有 571 页, 对五种处理方式处理 100KG 垃圾进行了比较.

这五种方式是:

1. 食物垃圾处理器加公共污水处理厂
2. 市政固体垃圾收集加填埋
3. 市政固体垃圾收集加堆肥
4. 市政固体垃圾收集加发电
5. 食物垃圾处理器加现场处理(化粪池)

该研究的一些假设是根据目前已经有的公认的最认同的数据:

1. 100KG 的研究基数是为了五种处理方式的比较更加方便. 一般来讲, 每人每天会产生食物垃圾 0.29 英镑. 其中, 75%即 0.21 英镑是通过食物垃圾处理器处理的. 100KG 处理的食物垃圾恰好是平均一个美国家庭(2.63 人)382 天产生的垃圾量, 即一年稍多一点的时间.
2. 典型的食物垃圾包含 70%的水和 30%的固体.
3. 食物垃圾和人体粪便的典型组成:

	% C	% H	% O	% N	% S
Human Waste, Solid Organics	59.7	9.5	23.8	7.0	0
C10 H19 O3 N					
Food Waste, Solid Organics	50.5	6.72	39.6	2.74	0.44
C21.53 H34.21 O12.66 N1.00 S0.07					

4. 美国食物垃圾的最终去处:

- | | |
|-----------------------|-----|
| (1) 市政固体垃圾收集加填埋 | 41% |
| (2) 食物垃圾处理器加公共污水处理厂 | 37% |
| (3) 食物垃圾处理器加现场处理(化粪池) | 12% |
| (4) 市政固体垃圾收集加发电 | 10% |
| (5) 市政固体垃圾收集加堆肥 | 0% |

结论:

在五种测量的食物垃圾处理系统中, 经过食物垃圾处理器的处理再通过市政污水处理厂对政府来说所花费的费用最低. 所产生的气体尤其是沼气最少. 食物垃圾处理器同时是最方便的食物垃圾处理方式, 并且很容易再源头上进行垃圾分类.

全过程费用

计算所有的费用, 各种方式的成本排名如下(从低到高)

1. 市政固体垃圾收集加填埋
2. 市政固体垃圾收集加堆肥
3. 食物垃圾处理器加公共污水处理厂
4. 市政固体垃圾收集加发电
5. 食物垃圾处理器加现场处理(化粪池)

然而, 从直接的市政费用来说, 食物垃圾处理器加公共污水处理厂是成本最低的方式, 成本排名如下:

- | | |
|----------------------|--|
| 1. 食物垃圾处理器加公共污水处理厂 | 0.49 美元 |
| 2. 市政固体垃圾收集加填埋 | 13.65 美元 |
| 3. 市政固体垃圾收集加堆肥 | 16.60 美元 |
| 4. 市政固体垃圾收集加发电(焚烧) | 20.30 美元 |
| 5. 食物垃圾处理器加现场处理(化粪池) | 是成本最高的, 需要 67.20 美元. 但是因为所有的费用是由使用者承担, 市政没有成本. |

食物垃圾处理器加公共污水处理厂处理方式的其他优点:

环境

从环境保护角度, 该方式是最方便并且是最能从垃圾源头进行垃圾分类的方法. 一般来说, 75%不能食用的食物垃圾可以通过食物垃圾处理器处理. 目前 37%的美国家庭的食物垃圾是通过这种方式处理的.食物垃圾里面由 70%的水, 因此相对于先把水处理掉, 然后再运送到固体垃圾处理设备里面, 使用污水处理厂是更加合乎逻辑的事情.

把容易腐烂的食物垃圾在水槽处去掉, 跟其他固体垃圾进行分离, 这样就可以大大减少携带病菌导致疾病的苍蝇\爬虫\蟑螂等等, 而食物垃圾通常会吸引这些蝇\虫的到来.

回收的食物垃圾养料

进入污水处理设备的人体粪便含有很有限的碳(食物中的碳被人以二氧化碳的形式呼出去了, 因此在污水中富含氮和磷), 另外增加的食物垃圾提供了一些额外的碳能够促进生物体的产生. 在市政污水处理场中, 生物体的量越多, 养分\氮\磷就越多, 然后就被生物群体所吸收, 最后从淤泥中被清除.

当这些生物体被运送到土壤里面, 这就是一种很可行的回收利用. 这种方式是最有效的能保存食物垃圾中的养分的回收方式.

对垃圾填埋有帮助

垃圾填埋是固体垃圾处理的一种方法. 目前美国大约有 41%的食物垃圾送到填埋场. 把食物垃圾(其中 70%是水)运到固体垃圾处理设备就有 72%的成本花在了本来可以利用的资源上. 把这些水加到一个设计很好的填埋场里也增加了渗出物的数量. 根据食物渗出物的酸性状态, 在渗出物中所含的金属物质比没有在填埋场里的要多.这些渗出物通常会被送到污水处理厂进行处理,以免对土壤和地下水产生污染.(因此对这些水的运输不止一次, 而是两次).

几乎食物垃圾中所有的养分都在填埋场中丧失了；唯一有可能被回收利用的是通过污水处理厂处理后从渗出物中获得的。最后，食物垃圾中几乎所有的碳被转化成了甲烷。在设计良好的填埋场中，大约 66%的甲烷能被收集并重新利用作燃料。然而，仍有 34%的甲烷进入到大气中。而甲烷对全球变暖的影响是二氧化碳的 25 倍。

容易腐烂的食物垃圾不仅增加了家庭倒垃圾的负担，同时在等待清理的过程中，也吸引了很多致病的苍蝇、爬虫、蟑螂从而导致了疾病的增加。

在那些强制安装食物垃圾粉碎机的城市，固体垃圾收集的频次由原来的一周两次减少到一周一次甚至两周一次。

对积肥的好处

市政积肥设施不如填埋场那样普及。它们被看作是补充的系统，而垃圾填埋场仍然需要。把含有 70%水分的食物垃圾送到积肥处理厂花费了积肥总成本的 59%。

既然市政积肥需要比大多数物质中多的水分，增加的食物垃圾确实能加快积肥的进程。水分越高，就越需要不断地对积肥物质进行定期搅拌，以保证整个过程是有氧过程。如果整个过程变成厌氧过程，就很有可能产生大量地臭味，从而导致整个社区地反对。这样就要求把工厂设在离人群集中地较远地地方，从而就要把这些含很高水分地食物垃圾运到比较远的地方。

积肥的结果是食物垃圾中的大量养分丢失，最终产品的价值较低可能还不够抵运输和施肥的成本。在一些社区里面，所堆的肥价值很低，最终只能作为填埋场的覆盖物。食物垃圾可以通过市政污水处理厂以低得多得成本处理，保证回收利用得养分，减少空气排放物。

个人积肥系统得局限性

在自家后院的积肥系统，在本报告中没有进行分析，一般来讲，它没有市政系统保养得好。更多的是厌氧环境，产生更多的臭味，更多的甲烷，更有可能产生致病害虫。更有可能渗透到地下水里，产生的积肥养分不够，质量不高。然而，很多人仍然认为该方法是一种理想的回收方法。所附的表格是根据研究所得出的信息，恰恰与人们的这种想法相反。

废物发电的局限性

把含水 70%的食物垃圾运到电厂的成本占总成本的 48%左右。从食物垃圾中脱水所需要的能量大大抵消了焚烧垃圾所产生的能量，因此所产生的净能量很有限。在回收过程中，食物垃圾中的养分没有被利用，相反，大多数挥发成为酸性或能产生温室效应的气体。为了降低这些气体的排放量，也需要大大增加成本来装配相应的装置。可以参考下表来看不同的方法所产生的气体。

化粪池系统

在农村地区，化粪池系统是必需的，因为其远离市政污水处理厂。因为这不是一个优化的系统，所以，是费用最高的一个。

五种垃圾处理系统的全面比较(处理 100KG 食物垃圾)

处理方式选择

	处理器+市政 水处理	垃圾收集+填 埋	垃圾收集+堆 肥	垃圾收集+发 电	垃圾收集+化 粪池
参数					
需要的土地 (平方英尺)	0.003	0.202	0.814	0.020	20.432
排名	1	3	4	2	5
需要能量 (BTU)	45.744	80.112	143.299	286.433	925.824
排名	1	2	3	4	5
需要材料(英 磅)	287.4	338.2	89.6	116.1	4881
排名	3	4	1	2	5
需要氧气(英 磅)	25	0	67	95	0
排名	3	1	4	5	1
产生废气(英 磅)					
二氧化碳	97	81	100	140	130
排名	2	1	3	5	4
甲烷	0.00028	5	0.00028	0.00037	15
排名	1	4	1	3	5
全部温室效 应气体(二氧 化碳 +4* 甲 烷)	97	101	100	140	190
排名	1	3	2	4	5
酸性气体(英 磅)氮硫氧化 物	0.1	<0.05	0.2	2.9	1.0
排名	2	1	3	5	4
水气(英磅)	24	24	160	200	0
排名	2	3	4	5	1
气体总排放	120	110	260	343	140
排名	2	1	4	5	3
需水总量(英 磅)	2547	83	64	75	3994
运送水(英磅)	2273	0	0	0	2273
排名	4	3	1	2	5
水及水中垃 圾	2800	370	370	420	4800
排名	3	1	1	2	5
固体垃圾	4.4	6	2.7	1.3	480
排名	4	3	2	1	5
其他	(淤泥)340	(残渣)25	(堆肥)39	(灰烬)3.3	(腐烂物)310
排名	5	2	3	1	4

(接上页)五种垃圾处理系统的全面比较(处理 100KG 食物垃圾)
处理方式选择

	处理器+市政 水处理	垃圾收集+填 埋	垃圾收集+堆 肥	垃圾收集+发 电	垃圾收集+化 粪池
参数					
全程成本					
食物垃圾处 理器(家庭成 本)					
低档	\$8.83	0	0	0	\$8.83
高档	\$17.45				\$17.45
全部成本					
低档	\$9.32	\$13.65	\$16.60	\$20.30	\$58.58
高档	\$17.94	\$13.65	\$16.60	\$20.30	\$67.20
市政成本(家 庭以外)	\$0.49	\$13.65	\$16.60	\$20.30	\$49.75
排名	1	2	3	4	5

这个简表对五种处理方式的占地\消耗能量\物质\排放气体\所需要的成本进行了比较. 该表对每一种处理方式的各种参数给出了数字分析并进行了排名.

原报告的结论\建议及两页详细的比较表格附在后面, 供参考. 另有 118 页的执行概要和 571 页的报告全文供索取.

结论:

1. 正如下文表格所显示的, 因为进入环境中的总体流量增加了, 所以整个系统的成本增加. 对整个系统的总成本排名是基于 12 个参数的很有说服力的工具.
2. 通过污水处理系统的总流量大约是通过市政固体垃圾系统的大约 10 倍, 因为食物垃圾处理处理器需要水.
3. 垃圾收集+化粪池, 唯一的在农村使用的处理系统, 大多数参数排名最后.
4. 垃圾收集+化粪池在五个系统中具有进入环境中的流量最大.
5. 垃圾收集+发电在所有的处理方式中总成本排名第二高. 在该系统中, 燃烧食物垃圾产生很少的可利用的能量, 所以把食物垃圾送到处理器+市政水处理中是最能进行回收利用的, 最应该鼓励的方法. 就像没有热能价值的金属, 玻璃一样, 鼓励通过其他方式回收.
6. 处理器+市政水处理系统在所有系统中总成本排名居中. 但其中大多数成本是食物垃圾处理处理器成本, 由家庭承担. 该食物垃圾处理处理器可以使用 15 年以上甚至 20 几年. 而通过市政污水处理厂的每处理 100KG 垃圾花费低于 \$0.5. 该系统需要最少的土地和消耗最少的能量, 然而, 确实产生最多的副产品.
7. 由于公共卫生和健康的需要, 无论是在城市还是在农村, 污水收集和处理, 市政固体垃

圾收集及填埋场都是必需的.但食物垃圾处理器安装在家庭里面,就多了一种食物垃圾的管理方式,大多数食物垃圾可以通过更多的方式进行了.食物垃圾进入垃圾处理器+市政水处理系统,以污水或淤泥的方式进入农田,甲烷被收集起来燃烧发电,这样,食物垃圾就被有效地回收了.

8. 食物垃圾含有大量的碳,因此将食物垃圾进入污水处理系统,就可以大大改善该系统中缺碳的状况.这样就有助于从污水中去掉一些营养物质(氮和磷).这些物质可以被碳吸收形成生物团,然后从污水中脱离出来,形成淤泥.
9. 食物垃圾处理器+市政水处理系统需要最低的土地,而且对回收净产出影响最小.如果净回收效率提高的话,该系统在五个系统中是最可靠的.
10. 垃圾收集+堆肥总体成本比较低.它需要最少的水,产生最少的废水和水中污物.通过积肥,食物垃圾的养分可以回到土壤中.
11. 积肥只是多了一种选择,但是污水收集系统和处理系统,固体垃圾收集和填埋系统还是必需的.
12. 市政固体垃圾收集+填埋是食物垃圾管理的必需系统,它的总成本倒数第二.在对水的需求,污水的产生,气体排放及垃圾副产品方面也不高.
13. 正如下表中所显示的,市政固体垃圾收集成本占了总成本的 3/4.因此系统地将湿的,容易腐烂的食物垃圾从市政固体垃圾收集系统转移到食物垃圾处理器里面,只保留干的,容易保存的垃圾,这样就减少了每周的垃圾收集工作量,降低收集成本.
14. 市政固体垃圾收集系统需要占地是垃圾处理器的 17 倍,消耗物质的 18%,消耗能量的 88%,大约是食物垃圾处理器成本最高估计的一般,相当于最低估计.
15. 如果家庭污水排放设计成用非饮用水冲废物(马桶里的粪便和垃圾粉碎机的食物垃圾),将食物垃圾送到市政污水处理厂就是一种更加理想的选择.

最终建议:

1. 如果固体处理系统比较完善,甲烷可以燃烧能量,污水或淤泥可以返回到土壤,将食物垃圾通过食物垃圾处理器进入到市政污水处理系统应该大力提倡;食物垃圾被有效地回收,因此联邦政府和州政府应该指定使用.
2. 使用食物垃圾处理器对市政固体垃圾管理系统的好处应该被定量化.因为把容易腐烂的食物垃圾从固体垃圾收集中解放出来进入到污水处理系统,固体垃圾收集的次数减少(每周收集);填埋系统(每天覆盖);积肥系统(很严格的管理过程);垃圾转化能量的工厂处理垃圾的量减少.
3. 在目前其他家电与污水处理厂没有很大关系的情况下,由于食物垃圾粉碎机的使用,在以后对污水处理厂的设计过程中需要考虑到这一点.
4. 为了使整个垃圾处理过程的投入产出比更加有效,需要建立一套准确的不断更新的数据系统,定期向公众公开.

下表忽略,仅就表中英语进行翻译.

五种垃圾处理管理系统的土地\消耗物料\消耗能量\成本比较

Neg:-- 可以忽略不计 NI-无数据 NA-不实用	食物垃圾处理器	现场化粪池	垃圾处理 器 + 化粪池	市政 污水 处理 厂	市政 污水 处理 + 垃圾 处理器	市政 固体 垃圾 收集	积肥	积肥 + 收 集	焚烧	焚烧 + 收 集	填埋	填埋 + 收 集
土地, 平方 英尺												
物料												
建 筑 和 填 埋 场 材料												
设备, 车												
电												
天 然 气												
柴 油 机 燃 料												
汽 油												
食 物 垃 圾 处 理 器 材 料												
水												
食 物 垃 圾												
总计												
总计- 食 物 垃 圾 和 能 量												

物化材料												
物化过程-处理设备\车辆												
电												
天然气												
柴油燃料												
汽油												
食物垃圾处理器材												
水												
总计												
总计-可输出的能量												
成本-美元												
可输出的电-千瓦时												
Exportable energy for POTW 从市政污水处理厂中可输出的能量=63,293 BTU/100KG 食物垃圾 BTU 是英国的热量单位 垃圾填埋厂=53,739 BTU/100KG 食物垃圾												

不同处理方式产生的气体总结

	食物垃圾处理器	化粪池	处理器 + 化粪池	市政污水处理厂	市政污水垃圾处理器	固体垃圾收集	积肥	积肥 + 收集	焚烧	焚烧 + 收集	填埋	填埋 + 收集
气体排放												
颗粒												
氮氧化物												
HC(非甲烷)												
硫化物												
一氧化碳												
二氧化碳												
乙醛												
其他有机物												
氨												
铅												
甲烷												
煤油												
HCl												
水汽												
总体排放量												
SW/CW												
其他												
水/水中污物												
水												
酸												
金属离子												
溶解的固体												

悬浮的 固体												
生化需 氧量												
COD												
苯芬												
油												
硫磺酸												
铁												
氨 + 三 氧化氮												
铬												
铅												
锌												
总的水 中污物												
总计												