
食物垃圾处理器在上海推广应用的 环境经济损益研究评估报告



编制单位：同 济 大 学

城市污染控制国家工程研究中心

二零一零年十二月

食物垃圾处理器在上海推广应用的 环境经济损益研究评估报告



编制单位：同★济★大★学
城市污染控制国家工程研究中心

二零一零年十二月

(副本)

号

住 所 上海市四平路1239号

类、工商管理学、会计学、金融学、统计学、数学、物理学、化学、生物学、医学、农学、工学、文学、法学、教育学、历史学、哲学、社会科学、自然科学、交叉学科、其他学科。

同济大学

开办资金 ¥141569

[illegible]

年度报告标记

提交年度报告的时间为每年的1月1日至3月31日，不再另行通知。

中华人民共和国 组织机构代码证

代 码: 42500612-5



机构名称: 同济大学

机构类型: 事业法人

地 址: 上海市四平路1239号

颁发单位: 上海市质量技术监督局

登 记 号: 沪增310110114344

1. 说明

1. 中华人民共和国组织机构代码是组织机构代码在中华人民共和国境内唯一、始终不变的法定代码标识,《中华人民共和国组织机构代码证》是组织机构代码并送代码标识的凭证,分正本和副本。
2. 《中华人民共和国组织机构代码证》不得出租、出借、冒用、转让、伪造、变造、非法买卖。
3. 《中华人民共和国组织机构代码证》登记项目发生变化时,应向发证机关申请变更登记。
4. 各组织机构应当按有关规定,接受发证机关的年度检验。
5. 组织机构依法注销、撤销时,应向原发证机关办理注销登记,并交回全部代码证。

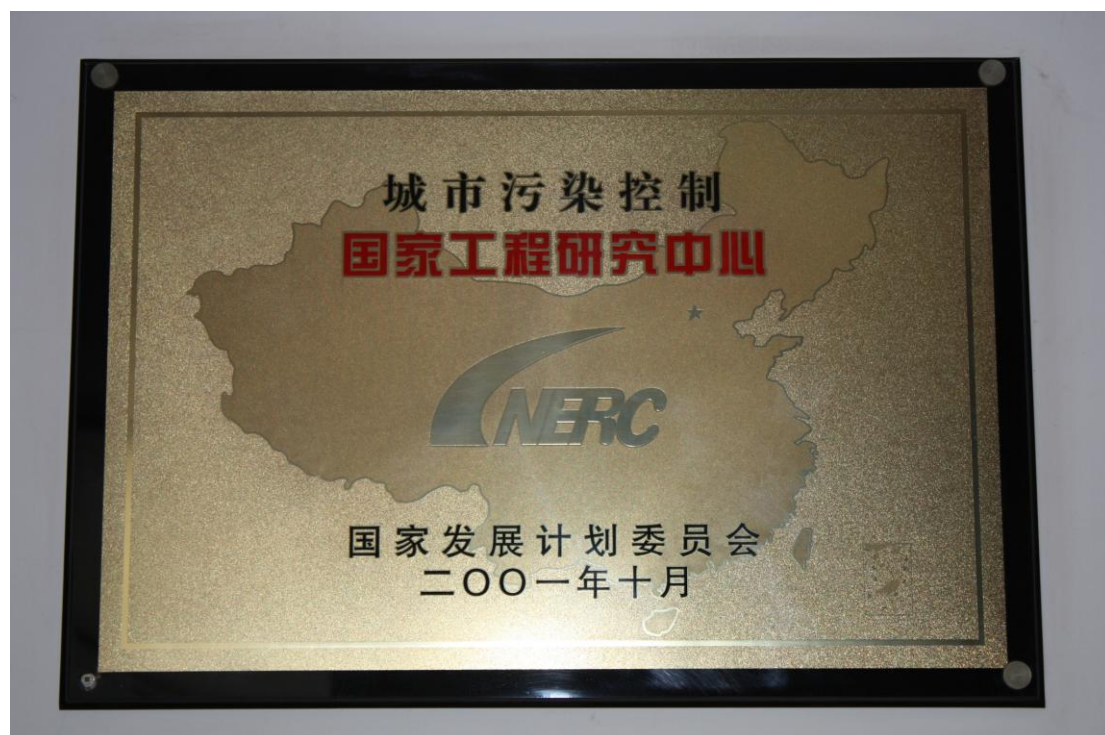
中华人民共和国
国家质量监督检验检疫总局

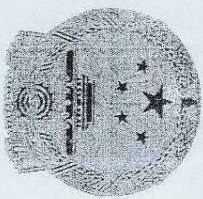


年 检 记 录

年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日

NO.2004 2104836





工程咨询单位资格证书

单位名称 同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司 资格等级 甲级

专 业

服务范围

建筑

生态建设和环境工程

编制项目建议书、编制项目可行性研究报告、项目申请报告、资金申请报告
评估咨询、工程设计
编制项目建议书、编制项目可行性研究报告、项目申请报告、资金申请报告
工程设计

此复印件仅限于承接城市污染控制国家工程中心

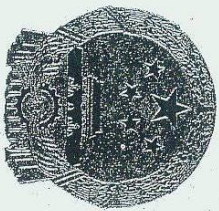
工程注册之用

证书编号: 工咨甲 21020070004

发证机关

证书有效期: 至 2014 年 8 月 11 日

2009 年 08 月 12 日



工 程 设 计 资 质 证 书

企业名称：同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司
经济性质：有限责任公司

资质等级：环境工程（水污染防治工程、大气污染防治工程、固体废物处理处置工程、特大桥梁）专项甲级；市政行业（给水工程、排水工程、城镇燃气工程、道路工程、桥梁工程、城市隧道工程、公共交通工程、轨道交通工程、环境卫生工程）专项甲级；建筑行业（建筑工程）甲级；风景园林工程设计专项甲级。
建设工程总承包业务以及项目管理和技术与管理服务。*****

证书编号：A131001253

此复印件仅限于承接

有效期：至2014年01月13日

工程注册之用

中华人民共和国住房和城乡建设部制

发证机关





质量管理体系认证证书

同济大学建筑设计研究院

中国 上海市赤峰路 65 号 200092

认证范围：建筑、市政、岩土工程

GB/T 19001-2000 idt ISO 9001:2000

体系覆盖范围：

建筑工程、市政工程的设计、工程咨询、
岩土勘察和公路工程（特大桥梁、交通工程）设计及相关活动。

审核地点：上海市杨浦区四平路 1239 号

本证书注册编号：00308Q10170R3M

证书有效期：2008 年 02 月 25 日至 2011 年 02 月 24 日

本证书的有效性依据年度监督审核获得保持

中心主任

认证机构

2008 年 02 月 25 日



体系认证
CNAS C003-Q



上海质量体系审核中心

中国 上海 <http://www.sac.org.cn>

编制单位简介

同济大学

同济大学是教育部直属重点大学。她创建于 1907 年，早期为德国医生在上海创办的德文医学堂，取名“同济”意蕴同舟共济。1912 年增设工学堂，1923 年被批准改名为大学，1927 年正式定为国立同济大学。1952 年院系调整后，同济大学成为国内土木建筑领域最大、专业最全的工科大学。目前是一所拥有理、工、医、文、法、哲、经济、管理、教育 9 大学科门类的综合性大学。作为研究型大学，学校是首批被国务院批准成立研究生院的高校之一；作为全国重点大学，学校被列入国家财政立项资助的“211 工程”、“985 工程”和国家教育振兴行动计划与地方重点共建的高水平大学行列。

城市污染控制国家工程研究中心

城市污染控制国家工程研究中心（以下简称为“中心”）筹建于 1995 年，是依托同济大学建立的环保高新科技成果转化和推广的研发实体与产学研平台。2003 年 3 月和 11 月分别通过国家发改委、教育部的预评估和项目建设竣工验收。2005 年 1 月转制为由同济大学控股的上海城市污染控制工程研究中心有限公司。在国家发改委组织的 2007 年和 2009 年全国性工程中心检查、评估中，城市污染控制国家工程研究中心均取得优秀成绩。

同济大学的工科特色鲜明，其中环境工程是国家重点学科，具备对中心主干发展方向的学科支撑，为中心的快速和可持续发展奠定了坚实基础。

中心是开放型的国家级产学研平台，具有一流的科技创新和成果转化能力，具备优良的试验研究及工程化验证条件，研究开发了一批产业关键共性技术与设备，获得专利授权百余项、国家级和省部级科技进步奖几十余项。如“稠油污水循环利用技术与应用”获 2008 年度国家科技进步二等奖，成果首先在中国石油辽河油田广泛应用，随后在新疆、胜利、河南等油田推广；“城市污水生物脱氮除磷技术与控制措施研究”获 2007 年度国家科技进步二等奖，已推广应用于全国 42 家大中型污水处理厂；“大型源水生物预处理工程工艺研究与应用”获 2004 年度国家科技进步二等奖，已应用到世界规模最大的东江——深圳供水渠源水生物预处理工程中；“电场水处理新技术与设备开发”获 2003 年度教育部科技进步二等奖，已推广应用到德国、瑞士、俄罗斯等国。中心还为政府重大工程决策提供技术支撑，如在上海市苏州河综合整治工程建设中做出重要贡献，节约资金近十亿元，得到上海市人民政府的通报嘉奖。

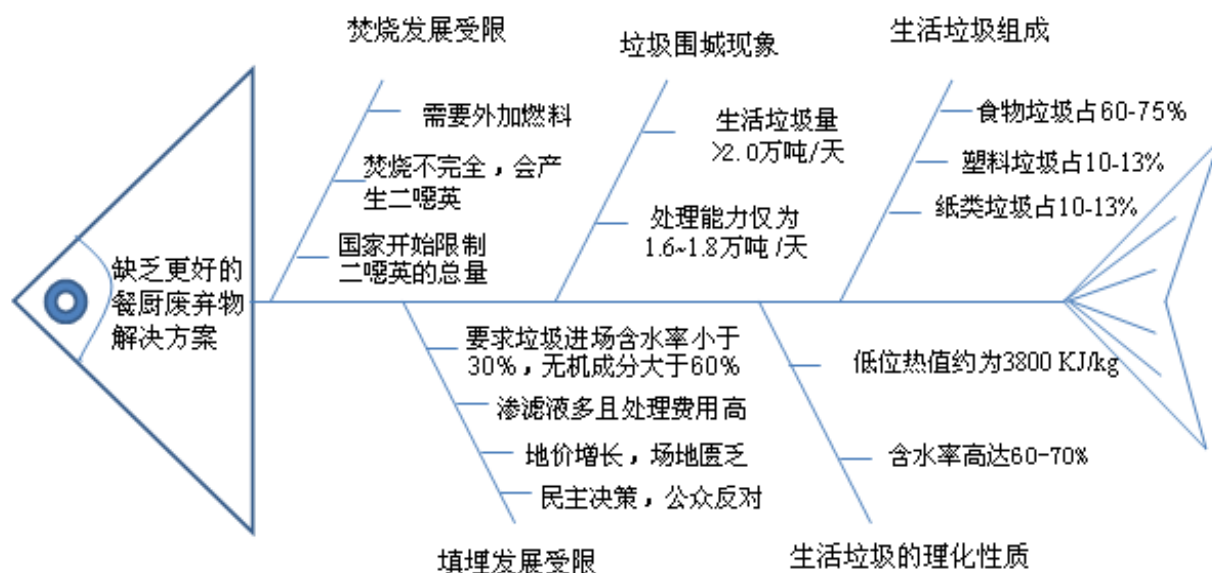
主旨报告

本报告实验所用食物垃圾处理器设备为艾默生公司提供的爱适易食物垃圾处理器。

本报告通过开展调研、实验分析对在上海推广使用食物垃圾处理器带来的收益和可能出现的问题，得出以下结论：

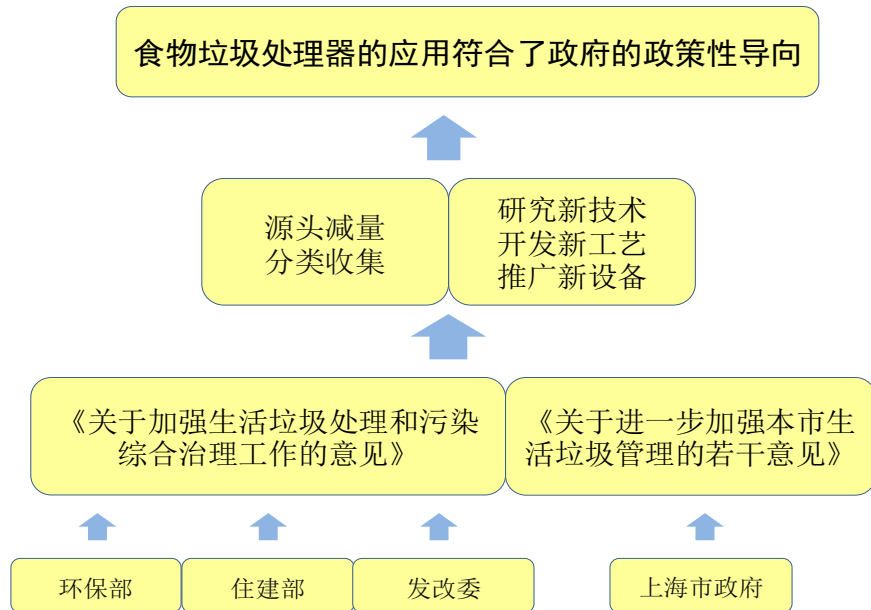
1. 上海市生活垃圾源头分类质量不高, 对分类收集体系缺乏监督机制和经济激励手段, 分类收集效率较低。而食物垃圾处理器的推广能够实现垃圾分流, 方便垃圾的分类投放, 提高垃圾分类处理工作的效率, 从而提高垃圾管理水平, 推动垃圾分类处理回收利用的技术发展, 逐步解决我国生活垃圾难处理的问题。

上海市垃圾处理处置现状

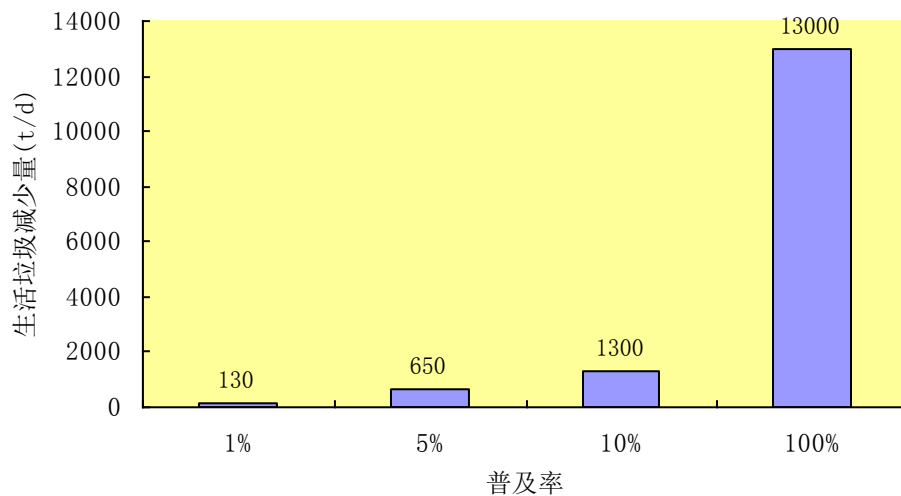


根据环保部、住建部、发改委联合发布的文件《关于加强生活垃圾处理和污染综合治理工作的意见》的精神和上海市政府发布的《关于进一步加强本市生活垃圾管理的若干意见》的精神，食物垃圾处理器的推广使用可以帮助实现源头减量，分类收集，符合了政府的政策性导向。

政府的导向

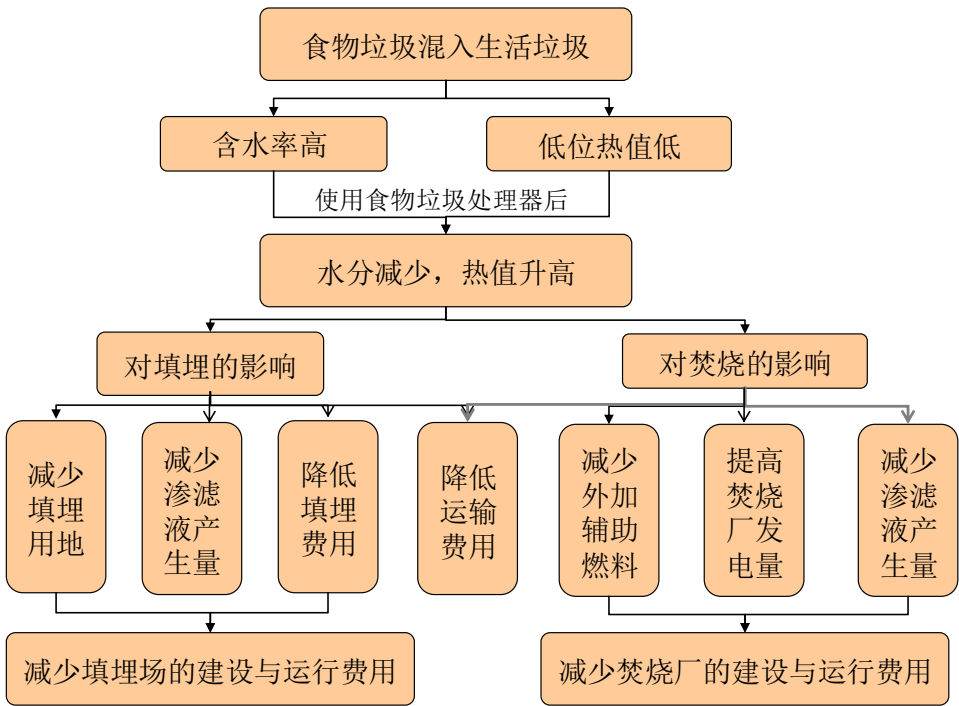


2. 食物垃圾处理器的普及有利于上海生活垃圾减量化的推进，减少了垃圾收运成本，节省了劳动力，当普及率为1%、5%、10%、100%时，生活垃圾减少量分别为130、650、1300、13000t/d。



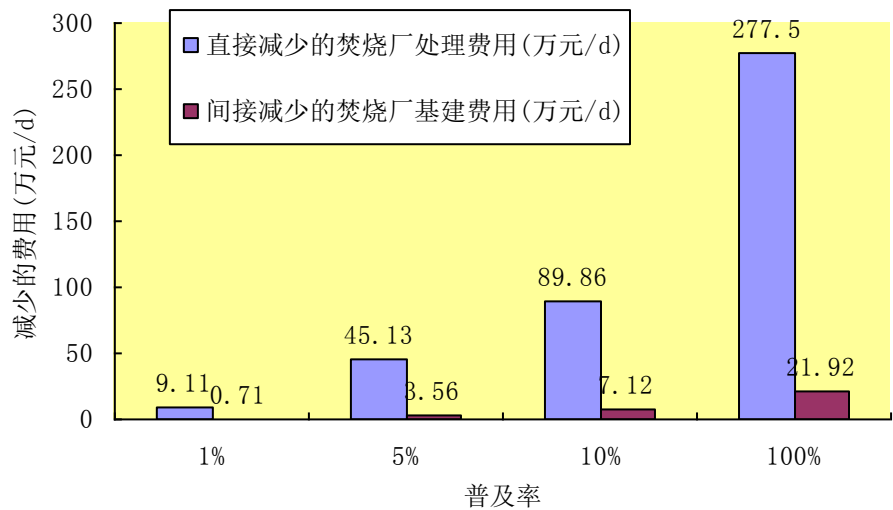
3. 上海生活垃圾含水率较高，低位热值较低，不符合垃圾焚烧及填埋的要求，而食物垃圾混入生活垃圾是导致上海生活垃圾高含水率、低热值的重要原因。使用食物垃圾处理器后，食物垃圾经粉碎后排入污水处理系统，使生活垃圾含水率有所降低，热值有所升高。

食物垃圾处理器对垃圾处理系统的影响——对垃圾理化性质的影响

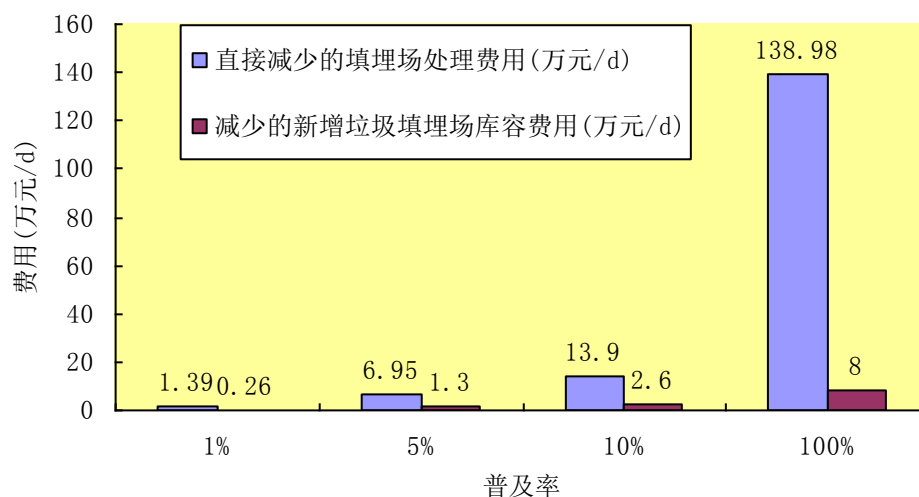


4. 食物垃圾处理器的普及提高了垃圾焚烧性能，减少了垃圾焚烧时外加辅助燃料用量，提高了焚烧厂发电量，减少了焚烧厂贮仓内的渗滤液产生量，提高了垃圾焚烧厂的收益。假设上海市产生的生活垃圾全部进行焚烧处理，根据目前约有 20%的生活垃圾未妥善处理的现状，在食品垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100%时，每

天直接减少的垃圾焚烧厂处理费用分别为 9.11、45.13、89.86、277.50 万元，并可一次性节省新建焚烧厂投资 0.52、2.6、5.2、16 亿元人民币，折算为每天间接降低的焚烧厂基建费用分别为 0.71、3.56、7.12、21.92 万元。



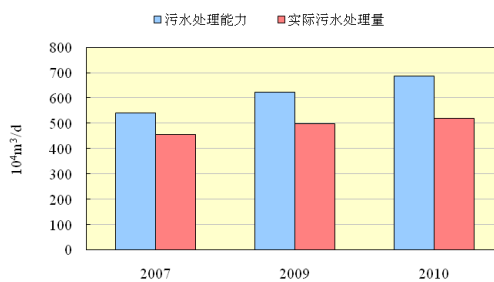
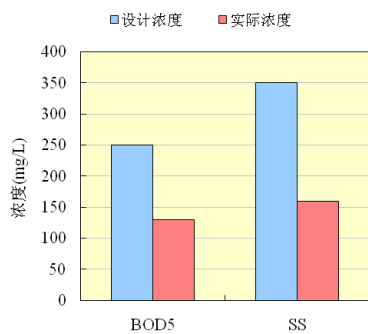
5. 食物垃圾处理器的普及减少了垃圾填埋场内的填埋用地量，减少了填埋垃圾渗滤液产生量，降低了垃圾填埋场的运行费用。假设生活生活垃圾全部用于填埋处理，当其普及率为 1%、5%、10%、100%时，每天直接降低的垃圾填埋场处理费用分别为 1.39、6.95、13.90、138.98 万元，间接减少的新增库容投资可折算成每天节省新增库容费用分别为 0.26、1.30、2.60、8.00 万元。



6. 当食物垃圾处理器普及率小于 10% 时，上海城市污水厂进水水质污染物浓度指标仍在污水厂设计水质浓度允许范围之内，不会对污水处理系统造成冲击；普及率大于 10% 时污水有机负荷将对污水处理系统造成冲击，而 SS、NH₃-N、TP 和 TN 仍在设计容量允许范围内。

食物垃圾处理器对污水处理系统的影响—上海污水处理概况

- 目前污水处理富余容量：25%
- 未来十年污水厂将继续改扩建



- 污染物实际明显浓度低于设计浓度

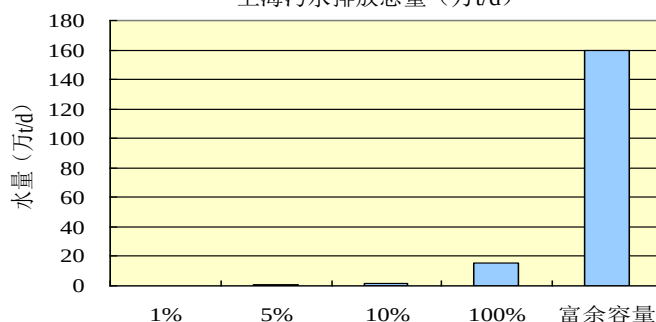
上海市污水处理系统具有较大富余容量

食物垃圾处理器对污水处理系统的影响—上海市污水水量

用水用电增量

	人均用水量增量	居民水费增量	耗电量	折合电费
使用FWD后	4.45%	0.02 元/(人·天)	0.119 度/(人·天)	0.073元/(人·天)

上海污水排放总量（万t/d）



食物垃圾处理器的使用对于用水量用电量、污水排放总量的影响
基本上可以忽略不计

故保守建议，认为食物垃圾处理器在上海的普及率应控制在10%以下，在其普及率为10%时，上海污水排放增量为1.583万t/d；污水中COD、BOD₅、SS、NH₃-N、TP浓度分别为306、132、88、25、4.4mg/L。

7. 上海污水处理厂COD, BOD₅浓度很低，属于低碳源进水，营养比例失调，而食物垃圾处理器的普及提高了污水的C/N，进而改善了污泥的营养比例，更有利于污泥的厌氧消化过程。

食物垃圾处理器对污水处理系统的影响—对上海生活污水水质的影响

不同普及率下上海市污水进水BOD₅/N、BOD₅/P比值

普及率 项目	0%	1%	5%	10%	100%
BOD ₅ /N	3.65	3.67	3.75	3.85	5.48
BOD ₅ /P	28.84	28.96	29.42	30.06	38.57

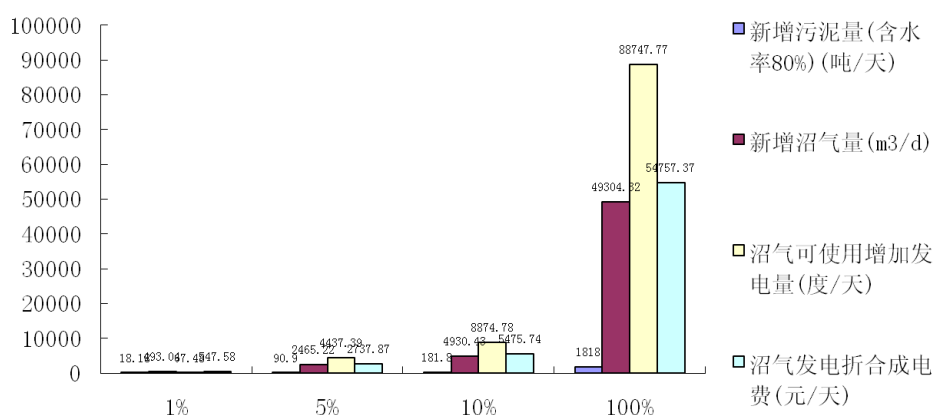
食品垃圾处理器不同普及率下污水COD/N

普及率 项目	0%	1%	5%	10%	100%
COD/N	8.53	8.57	8.73	8.92	12.10

污泥厌氧消化产沼要求C:N:P达到100:5:1为宜，而上海污水处理厂进水C:N和C:P均过低，而食物垃圾处理器的应用提高了污水的C:N和C:P，进而改善了污泥的营养比例，更有利于污泥的厌氧消化过程。

8. 新增污泥量为 181.8 t/d，这部分污泥厌氧产沼处理可新增沼气的量 7563 m³/d，若这部分沼气全部用来发电，则可新增发电量 13613 度/天，折合电费收益 0.84 万元/天。

食物垃圾处理器对污水处理系统的影响——对上海城市污泥量及产沼性能的影响



食物垃圾处理器的使用有利于改善城市污水厂的污泥产沼性能

9. 依据理论分析, 结合相关的实验验证, 针对用户的不同操作习惯, 记录一个月内 5 户家庭的食物垃圾经食物垃圾处理器粉碎前后弯管塞子盖及其内部沉积物的重量, 并观察实验过程中及实验结束时弯管塞子盖中沉积物和管道内壁上的油垢油脂的变化情况, 得出如下结论:

(1)使用食物垃圾处理器后, SS 虽大幅度增加, 但通常最大颗粒直径 $\leq 5\text{mm}$, 油脂平均厚度大约在 $1 \sim 2\text{mm}$ 左右, 而目前一般家庭排水管道直径通常为 $75 \sim 110\text{mm}$, 最小直径 $\geq 50\text{mm}$, 即使将油脂厚度和悬浮物颗粒最大直径均考虑在内, 亦不会对下水道造成堵塞。此外,

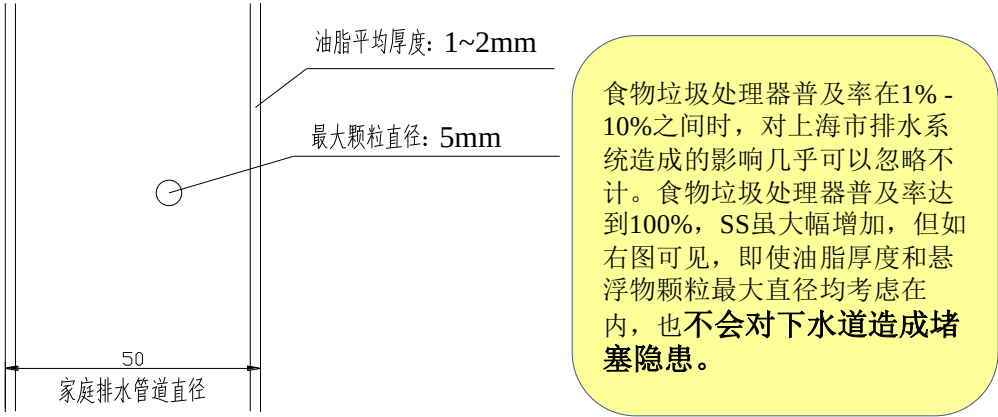
即使在食物垃圾处理器普及率达到 100%时，食物垃圾处理器出水进入合流制或改造后的合流制后会被大量水所稀释，SS 浓度大幅度降低，亦不会对小区整体排水系统造成堵塞。

(2)食物垃圾处理器的使用不会单个家庭室内排水系统造成堵塞隐患。使用食物垃圾处理器前，短期内单个家庭室内排水系统不存在堵塞问题，但存在堵塞隐患，如：大块食物垃圾穿过洗涤池中的排水漏网（如漏网故障或用户洗菜时忘记放漏网）进入排水系统从而造成管道堵塞，食物垃圾处理器的使用则会杜绝此类隐患。

食物垃圾处理器对污水处理系统的影响—对小区排水系统的的影响分析

食物垃圾处理器不同普及率与上海市污染物浓度增量(mg/L)的关系

项目 普及率	SS	VSS	可沉降SS
1%	0.77	0.46	0.30
5%	3.82	2.31	1.52
10%	7.64	4.61	3.03
100%	74.35	44.88	29.46

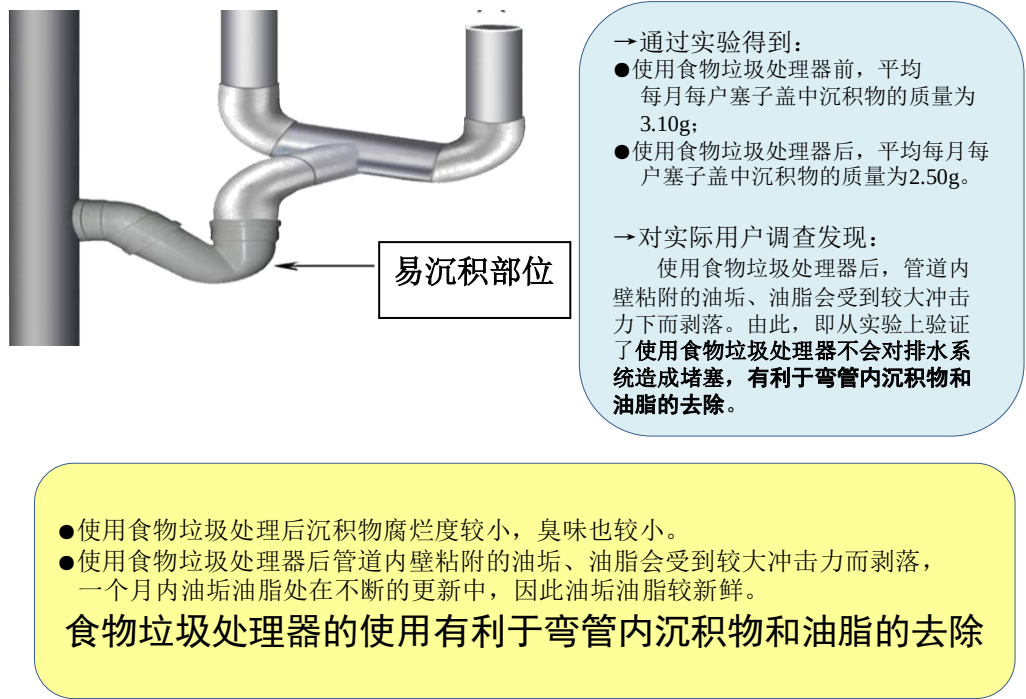


(3) 从长远来看，使用食物垃圾处理器能够解决沉积物和油脂油垢造成的管道堵塞问题。使用食物垃圾处理器前，弯管内沉积物和管

道内壁上的油垢油脂会随时间推移越积越厚，最终造成管道堵塞。使用食物垃圾处理器后，也会在弯管内产生沉积物和在管道内壁上的形成油垢油脂，但污水混合液的高速流动会形成较大的冲击力，使沉积物和油垢油脂处于不断更新中，从而保持其质量和厚度在固定的数值附近波动，不会因为时间累积而产生管道堵塞问题。

(4)未使用食物垃圾处理器时，若排水系统运行时间过长，弯管底部塞子盖内沉积物质量过大，会导致塞子盖涨裂，造成污水外溢，污染室内环境卫生。而使用食物垃圾处理器后，弯管底部塞子盖内沉积物质量始终平均每户每月 2.5g 附近波动，不存在上述塞子盖涨裂导致的卫生隐患。因此使用食物垃圾处理器对单个家庭室内排水系统的排水通畅及室内卫生会有一定的贡献。

食物垃圾处理器对污水处理系统的影响——对单个家庭排水系统的影响分析



总结



食物垃圾处理器的使用有什么好处？

- 实现垃圾分流，有利于上海生活垃圾减量化
- 使生活垃圾含水率大幅降低，热值明显升高，易于后续处理处置
- 经济上显著减少了焚烧厂和填埋场的费用
- 环保上减少了垃圾处理中有害物质(渗滤液、二噁英等)的排放
- 可以提高污水的C:N、C:P比，进而改善了污泥的营养比例
- 可以改善城市污水处理厂的污泥产沼性能
- 有利于国家和地方节能减排、产能减碳目标的实现

总结



食物垃圾处理器的使用存在什么隐患吗？

用水量和用电量增加很大吗？



食物垃圾处理器的使用对于用水量用电量、污水排放总量的影响很小。

下水道会堵塞吗？



使用食物垃圾处理器不会对排水系统造成堵塞风险。

排放的污染物质会不会超过城市污水处理厂的负荷呢？



食物垃圾处理器的普及率控制在10%以内时，上海城市污水厂进水水质污染物浓度指标仍在污水厂设计水质浓度允许范围之内，不会对污水处理系统造成冲击。而上海的城市污水处理事业是在不断发展和进步的，且现有的食物垃圾处理器普及率很低，0.1%还不到，因而在可预计的将来不会超过城市污水处理厂的运行负荷。

建议：

面对“垃圾围城”的调整，如何找到行之有效的解决方法？这是目前热烈探讨的话题。

通过以上的实验调研论证，我们认为，推广使用食物垃圾处理器是一种比较好的解决方法之一，这种方法有益于目前的填埋垃圾的减量和分类，有益于焚烧的热值提高和减少二噁英的排放，与政府的环境保护导向相一致，帮助提升处理垃圾的主要方法的质量和成本节省，对市政排污系统造成的影响微小可控，对于单个家庭的用电用水的增量很少，不会造成下水管道油脂和杂质沉积。

纵观全局，我们建议政府在新建小区可以优先推广使用食物垃圾处理器，来解决目前“垃圾围城”的问题。

放眼未来，随着环境保护的国际化趋势和国内生态城的崛起，类似白龙港厌氧处理的污水处理厂也会成为城市污水处理的主力，这对于在城市中广泛推广食物垃圾处理器奠定了基础，也将真正实现“变废为宝，垃圾变能源”的环保目标。



食物垃圾处理器在上海这样一个特大型城市中推广普及，将明显降低生活垃圾的产生量和含水率，减碳效益显著，建议政府宣传引导。



食物垃圾处理器的普及可以为上海市的垃圾处理系统带来巨大的经济效益和环保效益，建议有关政府部门可以考虑专题研究并逐步试点、推广。



建议在新建小区和采用分质供排水系统的生态社区中优先推广应用。食物垃圾处理器也符合了未来城市污水处理系统发展的方向。

目 录

序 言	32
1 政府的难题	32
2 解决的方法	34
3 政府的导向	35
4 存在的问题	35
一、上海市垃圾和污水处理现状调研	37
1 上海市生活垃圾处理处置概况	37
1.1 上海市生活垃圾理化特点	38
1.2 上海市生活垃圾处理概况	40
1.3 上海市生活垃圾处理处置政策导向	45
小结	46
2 上海市生活污水处理概况	47
2.1 上海市排水体制	47
2.1.1 直排式合流制排水系统	48
2.1.2 直排式合流制为主/不完全分流制为辅	49
2.1.3 完全分流制和直排式合流制并存	49
2.1.4 截流式合流制排水系统成为主体	50
2.1.5 截流式合流制和雨污分流制组合系统	50
小结	50

2.2 上海市生活污水处理概况	51
2.2.1 上海市生活污水处理能力及处理量	51
小结	55
2.2.2 上海市城市污泥处理处置概况	55
小结	57
二、 食物垃圾处理器对上海市垃圾处理系统的影响评估.....	60
1 食物垃圾处理器对上海垃圾分类体制的影响	60
1.1 上海城市生活垃圾分类方法	61
1.2 上海城市生活垃圾收集形式	63
1.2.1 分类收集与上门收集相结合	63
1.2.2 分类收集与使用垃圾生化处理机和废品回收相结合	64
1.2.3 分类收集与压缩收集站相结合	64
小结.....	66
2 食物垃圾处理器对上海垃圾减量化的影响	66
2.1 对生活垃圾产生量及成分的影响	66
2.2 对垃圾收运费用的影响	68
小结.....	69
3 食物垃圾处理器对上海生活垃圾理化性质的影响	70
3.1 食物垃圾处理器对上海垃圾焚烧性能的影响	72
3.1.1 减少外加辅助燃料费用	72

3.1.2 增加发电量及电费收益	74
3.1.3 减少渗滤液产生量及处理费用	75
3.1.4 经济收益分析	78
3.2 食物垃圾处理器对上海垃圾填埋处置的影响	81
3.2.1 减少垃圾渗滤液产生量及处理费用	81
3.2.2 减少的其他运行费用	83
3.2.3 经济收益分析	85
小结.....	86
4 结论.....	89
三、食物垃圾处理器对上海市污水处理系统的影响评估.....	93
1 食物垃圾处理器对上海生活污水量的影响	93
1.1 人均用水用电增量	94
1.2 上海污水排放增量	95
小结.....	70
2 使用食物垃圾处理器对下水管道的影响分析	97
2.1 对小区排水系统的的影响分析	97
2.2 对单个家庭排水系统的影响分析	99
2.2.1 对家庭厨房排水管道的影响分析	99
2.2.2 对单个家庭排水弯管的影响分析	102
2.3 对排水系统避免堵塞风险的实验评估	103
小结.....	107

3 食物垃圾处理器对上海生活污水水质的影响	108
3.1 人均污染物排放增量	108
3.2 上海市污染物浓度增量	109
3.3 污染物排放增量与污水厂污染物富余处理量对比分析	111
3.4 食物垃圾处理器使用前后污水厂进水水质对比分析 .	112
3.5 食物垃圾处理器对污水厂污水生物处理性能的影响 .	114
小结.....	115
4 食物垃圾处理器对上海城市污泥量及产沼性能的影响	115
4.1 污泥量的变化	115
4.2 污泥厌氧消化性能的变化	91
4.3 污泥产沼量的变化	118
4.4 上海城市污泥厌氧消化工艺应用现状及规划	119
小结.....	121
5 结论.....	122
四、 主旨报告	100
附 1 上海市主要垃圾处理处置设施	142
1.1 老港废弃物处置场(一、二、三期).....	142
1.2 老港垃圾填埋场四期	143
1.3 浦东新区黎明生活垃圾应急填埋场	145
1.4 浦东新区美商生活垃圾生化处理厂	146

1.5 浦东新区御桥生活垃圾焚烧发电厂	149
附 2：上海市主要污水处理厂概况	153
2.1 石洞口污水处理厂	153
2.2 白龙港污水处理厂	158
2.3 竹园第一污水处理厂	162
2.4 竹园第二污水处理厂	166
2.5 松江西部污水处理厂	167
2.6 龙华污水处理厂	169
2.7 曹杨污水处理厂	171
2.8 彭浦污水处理厂	172
2.9 闵行区污水处理厂	172
2.10 泗塘污水处理厂	173
2.11 东区污水处理厂	174
附 3 国家政策	175
—关于加强生活垃圾处理和污染综合治理工作的意见	175
附 4 上海市政策	187
—关于进一步加强本市生活垃圾管理的若干意见	187
附 5：垃圾取样家庭名单	196
附 6：污水部分实验记录	198
附 7：垃圾部分实验记录	225

附 8：生活垃圾各项指标测定方法	243
------------------------	-----

序 言

1 政府的难题

据上海市环境保护局统计，2008 年上海生活垃圾产生量为 678 万吨，其中 522 万吨得到妥善处理。2002 年以来，上海生活垃圾产生量逐年增加，目前，每天清运的生活垃圾量已超过 2.0 万吨。上海市垃圾处置能力与目前垃圾产生量相比，尚有不足。另外，目前严格符合国家现行卫生填埋标准的只有松江垃圾填埋场；老港和黎明垃圾填埋场的处置标准，仍然达不到 1997 年的国家标准。每天约 7000 吨未经处理的生活垃圾在郊区 200 多个临时堆点裸露堆放，污染农田、水体、空气，孳生蚊蝇，成为影响上海市生态环境、市民生活质量以及制约城市可持续发展的因素之一。

根据 2009 年 5 月发布的上海市环境保护“十一五”规划中期评估报告，尽管相关设施在短期内扩建，实现了现代化改造，但是 2008 年上海生活垃圾的安全处理率只达到 77%。目前，上海市有 64%的生活垃圾进行填埋和焚烧处理。填埋场地的限制以及焚烧的负面影响日益突出，使垃圾出路问题日益严峻。

上海作为中国最大的城市经济中心、贸易港口和综合性工业城市，垃圾填埋的选址困难日益突出。另外，上海垃圾的高含水率特点，导致垃圾填埋产生大量渗滤液。垃圾渗滤液作为一种特殊废水，其处理的投资、运行成本远远高于一般城市、工业污水，这主要是由于渗滤液中的氨氮浓度和有机物浓度都很高，导致处理工艺复杂，设备繁多。渗滤液由于在垃圾体已经经历了厌氧过程，其可生化性相对较差，生物处理的水力停留时间较长，导致设施、设备的投资较大。而处理

量一般相对较小，导致处理设施的折旧、维修费较高。

焚烧法虽然是一种最有效的垃圾减容化方法，利用垃圾焚烧发电也是资源化的一种途径。但上海生活垃圾高混杂、高含水率、高无机物、低热值的典型特征影响了焚烧技术在上海的发展。焚烧垃圾过程中会产生有毒有害物质二恶英，二恶英是世界公认的一级致癌物，对人体危害很大。垃圾焚烧厂建成后，必然会对周围的居民生活产生很大的影响，故对于垃圾焚烧厂的建立附近居民大多强烈反对，如在广州引起很大社会反响的番禺垃圾焚烧厂建设事件。

2009 年 10 月，广州市番禺区有关部门发布通告，决定在番禺区建立一座日焚烧能力达到 2000 吨的生活垃圾焚烧发电厂，消息传出后，附近的居民们强烈反对，甚至有上千居民上街游行抗议。2009 年 11 月初，广东省省情调查研究中心对垃圾焚烧厂规划地周边居民开展了快速抽样问卷调查，在回收的 1550 份有效调查问卷中，97.1% 的受访居民不赞成在该规划地址建设垃圾焚烧发电厂，由于项目在环评阶段遭到多数人反对，此垃圾焚烧发电厂项目已经停止。今后有关垃圾处理的问题，必须得到大多数人同意或达成共识，才能进行。

但是番禺垃圾年产量 2008 年为 60 万吨，2010 年估计达 70 多万吨。番禺目前的垃圾处理能力现有卫生填埋场 1 座（日处理约 1200 吨），简易小型垃圾堆填场及简易垃圾焚烧厂 5 座（日处理约 600 吨）。若处置能力维持现状，番禺两三年内将可能会出现垃圾围城的现象。

不仅是广州市番禺区，中国很多城市在建设垃圾焚烧厂时发生过类似的情况，如何科学地处理处置越来越多的生活垃圾，成了各级地方政府的一大难题。

2 解决的方法

在上海居民生活垃圾中，食物垃圾所占的比例为 50%~70%，且随着生活垃圾产生总量的逐年增加，食物垃圾的产生总量也呈上升趋势。预计到 2015 年，上海市食物垃圾的产生量将达到 1.5~1.8 万吨/天。如果能够解决餐厨垃圾的问题，上海市的现有垃圾处理能力在无需扩建的基础上可实际扩容一倍以上，具有重大意义。

另外，上海垃圾混杂度高、含水率高、热值低，其中食物垃圾混入生活垃圾是一个很重要的原因。食物垃圾的含水率较高，低位热值较低，其混杂在生活垃圾中必然会对其含水率、低位热值产生影响，这对于目前上海生活垃圾主要采用的两种处理处置方法——填埋和焚烧技术的应用，均造成了不利影响。

为了更好地处理处置生活垃圾，上海市居民小区内设置了很多收集容器分别对干、湿垃圾进行回收，但源头分类效果甚微，后续流程也未实现垃圾分类处置。普通居民家庭产生的餐厨垃圾大部分都混入了生活垃圾中，与其它无机垃圾一起作填埋或焚烧处置。

对此，有专家提议逐步普及、推广使用食物垃圾处理器来改善上海生活垃圾处理处置的现状。

食物垃圾处理器(Food Waste Disposers)是一种装在厨房水盆排水口下面的一种机械小装置，可以将食物垃圾粉碎成极细小的颗粒后直接冲入排水系统。由于使用食物垃圾处理器后食物垃圾经粉碎后全部排入下水管道，故对于居民生活而言，餐后清理更加方便，餐厨垃圾几乎完全消失，有效地避免厨房尤其是存放垃圾桶的隐藏式橱柜内散发的臭味；消除了孳生蟑螂、蚊蝇、细菌的可能性。

对环卫部门和物业管理来说，食物垃圾处理器的推广可显著减少

生活垃圾中的水分，改善环卫作业环境；能大幅度减少垃圾产量；可方便垃圾的分类投放，提高垃圾分类处理工作的效率，减少垃圾收运处理的成本。

对垃圾处理系统来说，食物垃圾处理器的推广使用将显著减少生活垃圾产生量，上海市的现有垃圾处理能力在无需扩建的基础上可实际扩容一倍以上，能够显著节省垃圾收集、运输、处理处置成本以及垃圾处理设施建设费用，并大量减少土地占用。与此同时，食物垃圾从生活垃圾中脱离出来有利于降低上海生活垃圾含水率、有机质含量，提高垃圾低位热值，将有效提高垃圾焚烧性能，显著降低垃圾填埋和焚烧的渗滤液产生量，并降低垃圾收集、中转和运输难度，改善市容环境。

3 政府的导向

根据国家部委发布的《关于加强生活垃圾处理和污染综合治理工作的意见》(见附录 3)“十二五”政策以及上海市政府在 2010 年发布的《关于进一步加强本市生活垃圾管理的若干意见》(见附录 4)，政府已经意识到垃圾的源头减量、分类收集的重要性以及垃圾填埋场和焚烧场存在的问题，倾向于开发新技术、新工艺和推广新设备来达到源头减量、降低运输成本、减少垃圾填埋和焚烧量的目的，从而达到将上海市生活垃圾年增长率控制在 3% 左右、城市生活垃圾产生量增长率逐年下降以及到“十二五”末人均生活垃圾产生量实现零增长等目标，建立健全生活垃圾处理政策体系和污染综合治理监管体系，减量化、无害化和资源化水平进一步提高，生活垃圾污染得到有效控制。

4 存在的问题

由第 2 节中描述可见，食物垃圾处理器的普及有利于实现生活垃

圾的无害化、减量化。结合第3节中描述的政府对于垃圾的无害化、减量化提倡新技术、新工艺、新设备的政策性导向可见，食物垃圾处理器的普及迎合了政府的政策性导向，且在垃圾回收处理中可以带来很大的环境效益和社会效益，逐步解决我国生活垃圾处理处置难的问题。

然而对于食物垃圾处理器的推广，政府及居民也有不少担忧，譬如，食物垃圾的粉碎必然会增加生活用水量，水量的增加会不会对上海污水处理系统造成冲击？食物垃圾中的有机物含量较高，经粉碎通过排水系统进入污水处理厂后会不会超过其进水污染物设计浓度？进水浓度升高对污水厂的运行及其污泥处理处置有何影响？食物垃圾处理器的使用会不会导致排水管道的堵塞？等等。

本报告针对这些可能出现的问题，以及使用食物垃圾处理器带来的收益开展调研、实验及分析，主要内容将包括以下三部分：

1、对上海市主要的城市污水处理设施进行调研，分析上海的排水体制、污水处理能力以及城市污泥处理处置概况，分析上海市几个大型城市污水处理厂的污水处理工艺、污泥处理工艺、进水的水质指标、处理能力、水质承受度、设计指标等；对上海的垃圾处理处置现状进行调研，分析上海生活垃圾的理化性质、处理处置导向等。

2、对上海市居民生活垃圾及餐厨的产生量、主要成分、理化性质、低位热值、灰分、水分、有机质含量进行实地调研及检测分析，分别评估食物垃圾处理器在居民家庭中使用的普及率为1%、5%、10%、100%时，对上海城市生活垃圾的产生量、理化性质产生的影响，对垃圾焚烧性能、填埋处置系统的影响以及对生活垃圾分类回收系统的影响。

3、选取 30 户不同家庭背景和居住环境的上海普通居民每日产生的生活垃圾为研究对象，通过实验室模拟实验，研究使用食品垃圾处理器后污水水量、水质指标（COD，BOD₅，SS，TN，TP，NH₃-N）的变化，分别评估食物垃圾处理器普及率为 1%，5%，10%、100%时，对上海生活污水水量、水质、城市污泥产量及产沼潜力的影响。

最后，形成推广使用食品垃圾处理器的环境经济损益评估报告，作为政府决策的参考。

一、上海市垃圾和污水处理现状调研

1 上海市生活垃圾处理处置概况

目前，上海整体上尚未实现垃圾分类收集，公共场合虽然设置收集容器分别对可回收物(或将可回收物单独按纸张、金属、塑料、玻璃进行分类)和其它垃圾进行收集，但源头分类效果甚微，后续流程也未实现垃圾分类处置。生活垃圾的收集、处理流程如下图所示：



图 1-1 上海市生活垃圾收集及处理处置流程示意图

目前，我国的餐厨垃圾主要处置方式是：城市近郊的农民或者个体贩运者回收餐馆饮食行业产生的餐厨垃圾，然后运至城郊的小型饲养场，用以喂养家畜；普通居民家庭产生的餐厨垃圾大部分都混入生活垃圾，作填埋或焚烧处置。

1.1 上海市生活垃圾理化特点

根据上海市市容环境卫生管理局关于“上海市固体废弃物处置现状及对策”报告中的相关数据显示，近年来，上海市生活垃圾成分逐渐发生变化。上海市把生活垃圾分为：金属、渣石、玻璃、竹木、布类、纸张、塑料、果皮、和餐厨垃圾。根据统计数据，从 1990 年到 2003 年，塑料垃圾从 4.0% 升至 13.33%，纸类垃圾从 4.0% 升至 9.23%，果类垃圾 10.8% 升至 14.08%，餐厨垃圾从 71.9% 降至 51.82%。

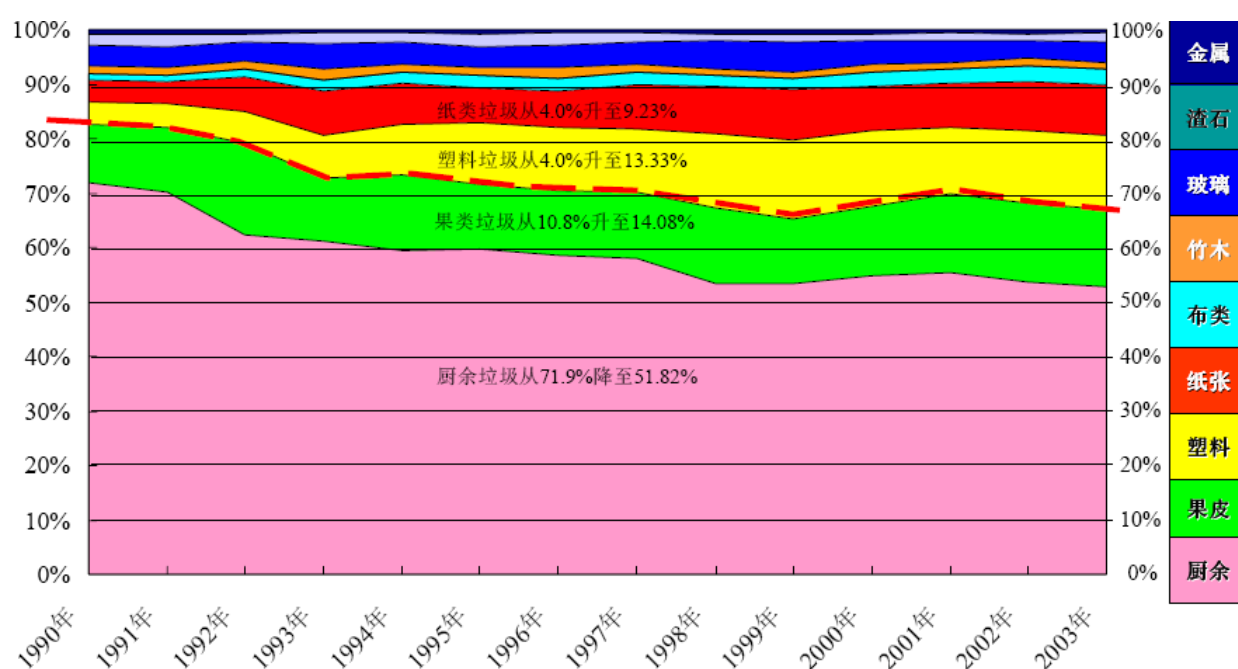


图 1-2 上海市生活垃圾构成变化图

虽然食品垃圾在生活垃圾中所占比例呈下降趋势，而且随着生活水平、食品结构的变化，以及净菜上市率的提高，生活垃圾中的食品废弃物所占比例会有所减少，但未来十几年内，生活垃圾中的食品废弃物仍占主导地位(50%~60%)，且随着生活垃圾产生总量的逐年增加，食品垃圾的产生总量仍然呈上升趋势（见图 1-3）。预计到 2015 年，上海市食品垃圾的产生量即将达到 1.5~1.8 万吨/天。如果能够解决餐厨垃圾的问题，上海市的现有垃圾处理能力在无需扩建的基础上

可实际上扩容一倍以上，具有重大意义。

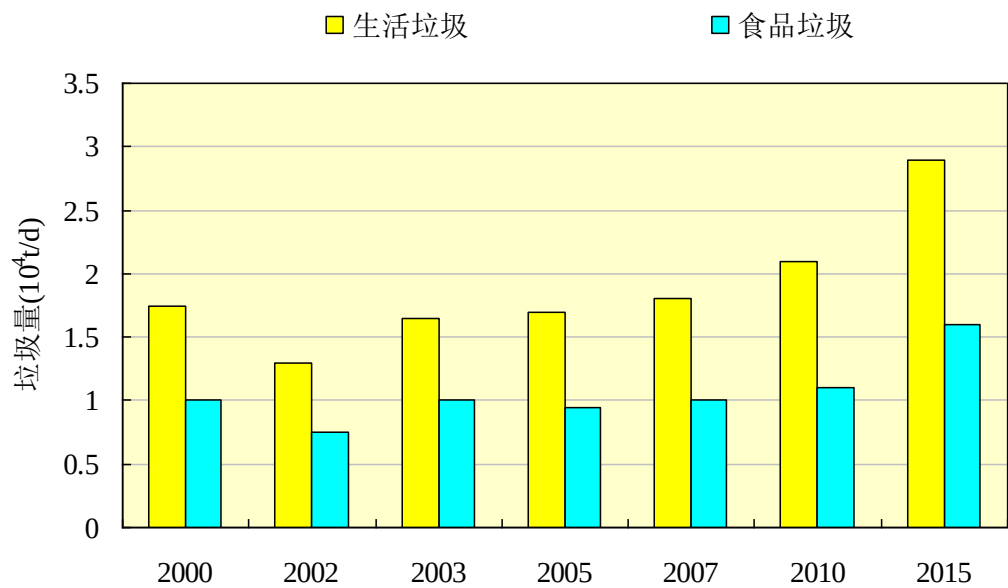


图1-3 上海市生活垃圾及其中食品垃圾产生量及预测

另外，据对上海市生活垃圾的成分测定和分析，目前生活垃圾含水率高达 60~70%左右，大大高于许多发达国家生活垃圾的含水率 30~40%，食品垃圾混入生活垃圾是一个重要原因。

上海市食品垃圾含水率高，水分占到垃圾总重量的 80~90%，这对垃圾的收集和运输都带来了难题，如果与普通的生活垃圾混在一起，使生活垃圾有机物含量升高，在春、夏、秋季，很容易腐烂变质，产生臭味，对收集地点附近的居民健康以及市容环境均产生不利影响。另外，食品垃圾的也提高了普通垃圾的含水率，降低了热值，对于目前上海的生活垃圾主流处理处置方法——填埋和焚烧技术的应用均造成不利影响。

就垃圾填埋来说，适应垃圾进场含水率小于 30%，无机成分大于 60%。上海市生活垃圾的高含水率和高有机质含量使垃圾渗滤液产生量高达 20~30%生活垃圾进厂量。

就焚烧来说，适应垃圾低位热值 4000~7500KJ/kg，不可燃分小于等于 25%，垃圾含水率小于 55%。而上海生活垃圾的低位热值约 3800 KJ/kg，含水率 60~70%左右，不利于焚烧处理。垃圾中的含水率每增加 20%，1 吨垃圾将少发电 120 千瓦时。上海市生活垃圾具有高混杂、高含水率、高无机物、低热值的典型特征，这使得上海垃圾焚烧过程中产生一些问题：产生大量渗滤液（发达国家产生量为垃圾量的 0~4%，上海为垃圾量的 10~30%），热利用率低，能耗大（目前上海市大部分焚烧厂靠政府补贴维持运营）。

1.2 上海市生活垃圾处理概况

据上海市环境保护局统计，2008 年生活垃圾产生量为 678 万吨，其中 522 万吨得到妥善处理。此外，生活垃圾产生量数据包括建筑垃圾和家庭、商业活动产生的垃圾，而通过社区回收系统得以收集的部分并没有在政府统计中得到反映。2002 年以来，上海生活垃圾产生量逐年增加（见图 1-4），目前，每天清运的生活垃圾量已超过 2.0 万吨。

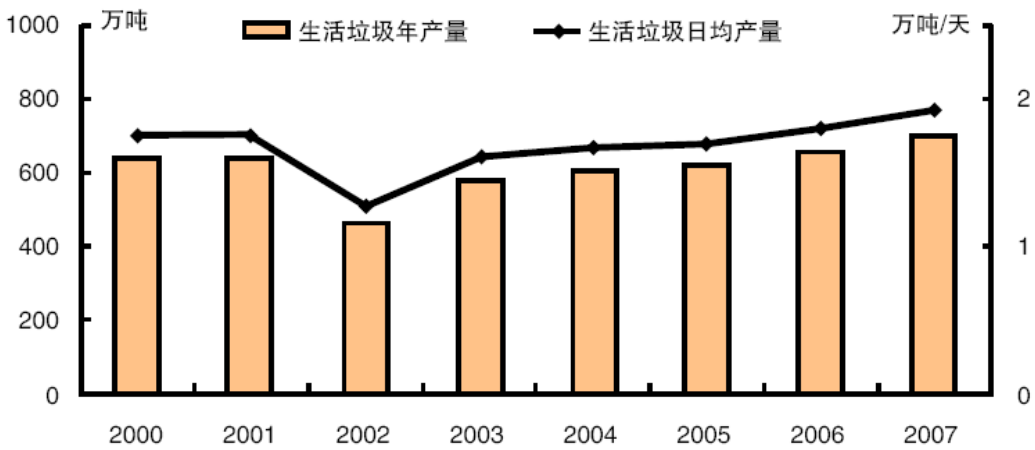


图 1-4 上海市垃圾年产生量（2000~2007）

到 2008 年，上海人均生活垃圾的产生量约为 1 千克/日。2002 年

至 2007 年，人均生活垃圾的产生量基本稳定，而垃圾总产量的增长很大程度上源于人口的增长。

到 2005 年时，上海共有 3 座填埋场，日处理能力 6400 吨/日，2 座焚烧厂，日处理能力 2000 吨/日，1 座生化处理厂，日处理能力 1000 吨/日（见图 1-5）。预计到今年年底或明年，上海将达到焚烧厂 5 座、填埋场 3 座、综合处理场 7 座、堆肥及生化处理厂 6 座、危险废物填埋场 1 座（见图 1-6），处理能力将达到 1.6~1.8 万吨。而目前，生活垃圾量已超过 2.0 万吨/日。上海市垃圾处置能力与目前垃圾产生量相比，尚有不足（上海市生活垃圾主要处理设施如表 1-1 所示，各设施简介见附 1）。另外，目前严格符合国家现行卫生填埋标准的只有淞江垃圾填埋场；老港和黎明垃圾填埋场的处置标准，仍然达不到 1997 年的国家标准。

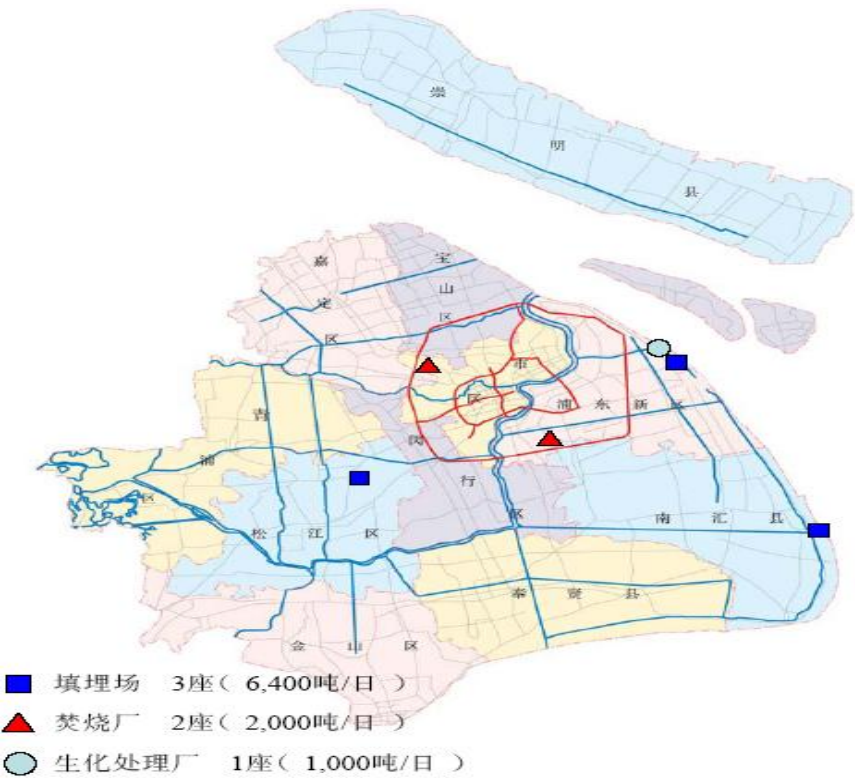


图 1-5 2005 年上海市生活垃圾主要处理设施分布图

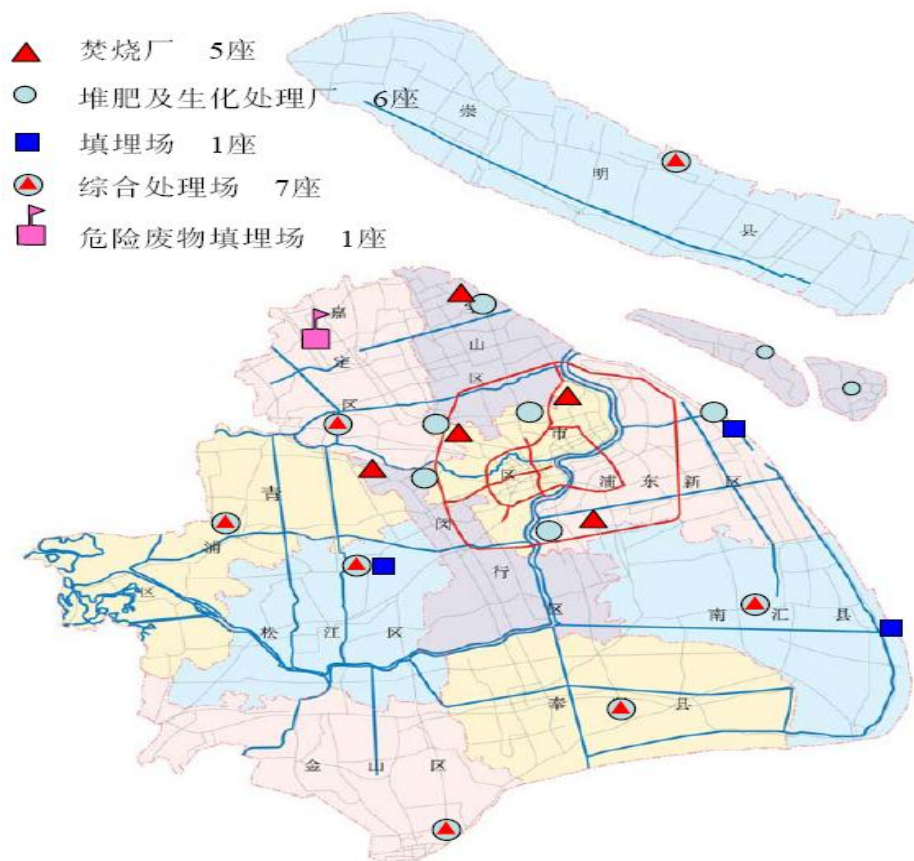


图 1-6 2010~2011 年上海生活垃圾主要处理设施分布图

根据 2009 年 5 月发布的上海市环境保护“十一五”规划中期评估报告，尽管相关设施在短期内扩建，实现了现代化改造，但 2008 年上海生活垃圾的安全处理率只达到 77%，由下图可以看出，目前，上海市 64%的生活垃圾进行填埋和焚烧处理。填埋场地的限制以及焚烧的负面影响日益突出，使垃圾出路问题日益严峻。

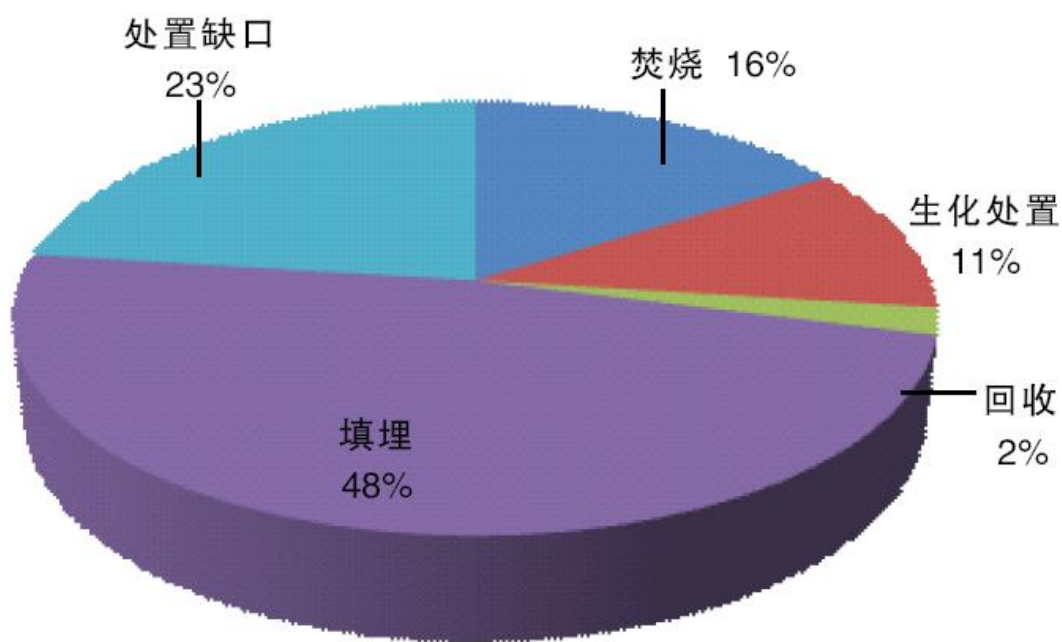


图 1-7 上海生活垃圾处理方法比例图

上海作为中国最大的城市经济中心、贸易港口和综合性工业城市，垃圾填埋的选址困难日益突出。另外，上海垃圾的高含水率特点产生大量渗滤液。垃圾填埋渗滤液作为一种特殊废水，其处理的投资、运行成本远远高于一般城市、工业污水，这主要是由于渗滤液氨氮浓度很高、有机物浓度高，导致处理工艺复杂，设备繁多。渗滤液由于在垃圾体已经经历了厌氧过程，其生化性相对较差，生物处理的停留时间较长，导致设施、设备的投资较大。而处理量一般相对较小，导致折旧、维修费较高。

焚烧法虽然是一种最有效的垃圾减容化方法，利用垃圾焚烧发电也是资源化的一种途径。但上海垃圾高混杂、高含水率、高无机物、低热值的典型特征严重阻碍了焚烧技术在中国的发展。

表 1-1 上海主要生活垃圾处理处置设施

编号	处理厂名称	占地面积 (hm) ²	处理规模 (t/d)	处置方式	利用
1	废弃物老港处置场 (一、二、三期)	410	9000	填埋	
2	老港垃圾填埋场四期	330	6300	高危填埋	沼气发电
3	浦东新区黎明生活垃圾应急填埋场	33	1500	临时填埋	
4	浦东新区美商生活垃圾生化处理厂	8	1000	生物堆肥, 自动分选, “三废”治理	热能转换, 回收
5	浦东新区御桥生活垃圾焚烧发电厂	8.2	1000	焚烧	余热发电
6	江桥生活垃圾焚烧厂	13.3	1500	焚烧	余热发电
7	闵行生活垃圾焚烧厂	12.4	3000	焚烧	余热发电

1.3 上海市生活垃圾处理处置政策导向

生活垃圾处理和污染综合治理是城市管理及公共服务的重要组成部分，是建设资源节约型、环境友好型社会的重要内容，是关系民生的基础性公益事业。近年来，在党中央、国务院高度重视下，我国生活垃圾处理和污染防治工作取得了长足发展，政策法规不断完善，资金投入不断加大，处理能力和无害化处理率大幅提高。然而，随着城镇化进程加快以及人民生活水平提高，我国生活垃圾产生量不断增长，而与此同时，生活垃圾分类、回收和处理及污染防治能力与水平相对滞后，已成为实现全面建设小康社会目标的一个薄弱环节。

在全国加速推进生活垃圾减量化、无害化、资源化的背景下，上海市针对其日益严峻的垃圾出路问题（源头分类滞后，填埋和焚烧两种主流处理方式的发展遭遇重重技术困难和社会障碍），在贯彻我国环境保护部、住房和城乡建设部、国家发展和改革委员会拟定的《关于加强生活垃圾处理和污染综合治理工作的意见》（附 3）的基础上，制定了《关于进一步加强本市生活垃圾管理的若干意见》（附 4），作为今后生活垃圾管理及治理规划调整的依据。

上海市在关于提高生活垃圾无害化处理能力的近期规划中，明确指出：1. 构建餐厨垃圾资源利用体系，进一步规范餐厨垃圾产生、收集、运输和处置行为，多元化改进和提高现有餐厨垃圾处理工艺及处理能力；2. 提高生活垃圾资源化利用率，支持采用焚烧发电、生物气利用等处理技术；3. 严格控制“二次污染”，加强填埋场、焚烧

厂、综合处理厂 处理设施的渗滤液、恶臭废气及焚烧尾气的治理；

4. 全面关闭区、镇级生活垃圾简易填埋场，加快老港一二三期填埋场及区、镇级简易堆场等处理设施的环境综合治理和生态修复工程，对已投入运营、在建、规划建设的大型生活垃圾处置设施周边，实施规划控制，严格控制人流聚集性项目开发；5. 加大粪便纳管力度，到“十二五”末期，中心城区的粪便污水逐步实现纳管处理。

可见，食品垃圾处理器的推广与上海市生活垃圾的处理处置发展方向一致，对上海市生活垃圾的减量化和无害化处理具有重要意义。

小结

通过分析上海生活垃圾及食品垃圾的特点及其对垃圾填埋和焚烧技术的影响，可以初步预测：

(1)上海市大范围推广食品垃圾处理器将显著减少生活垃圾产生量,上海市的现有垃圾处理能力无须扩建的基础上可实际上扩容一倍以上,能够显著节省垃圾收集、运输、处理处置成本以及垃圾处理设施建设费用,并大量减少土地占用。

(2)食品垃圾从生活垃圾中脱离有利于降低上海生活垃圾含水率、有机质含量,提高垃圾低位热值,将有效提高垃圾焚烧性能,显著降低垃圾填埋和焚烧的渗滤液产生量,并降低垃圾收集、运输难度,改善市容环境。

(3)食品垃圾处理器的推广与上海市生活垃圾管理及处理处置发展方向一致,对上海市生活垃圾的减量化和无害化处理具有重要意义

义。

2 上海市生活污水处理概况

根据中国环境统计年鉴数据显示，近十年来，随着经济的发展和居民生活水平的提高，我国废水、污水排放总量呈逐年上升趋势，其中，生活污水排放量的增长速度大于工业废水排放量的增长速度。“十一五”以来，城市生活污水中主要污染物（化学需氧量、氨氮）以及工业废水重要污染物（石油类、挥发酚、氰化物、5类重金属）的年排放总量均呈下降趋势，说明我国的污水处理能力在逐步提高。

上海作为中国最大的城市经济中心、贸易港口和综合性工业城市，其废水排放组成中生活污水占绝大部分（约 78%），年排放总量和污染物排放量变化趋势与全国一致。值得注意的是，在 2008 年全国各省废水年排放量排序中，上海排名第 12 位，而在各省废水中污染物念排放量排序中，上海的化学需氧量排名第 22，氨氮排名第 17。可见，在中国，上海的总体污水处理能力较强、处理水平较高，是推广食品垃圾处理器的首选地区。

为深入了解上海市的污水处理现状和潜力，并进一步明确项目后续相关实验及评估工作的侧重点，项目组对上海市的污水处理体制、处理现状和处理能力进行了调研和分析。

2.1 上海市排水体制

与我国其他大中型城市污水收集方式一样，上海市居民污水排至下水道后，进入小区或街道化粪池进行初步沉淀。沉淀的污泥经过 3

个月以上的厌氧消化，使有机物分解并稳定化，降低含水率。每隔 3~12 个月定期清掏外运，沉淀污泥被填埋或用作肥料，上清液排入城市排水干管，最终进入污水处理厂（如下图所示）。

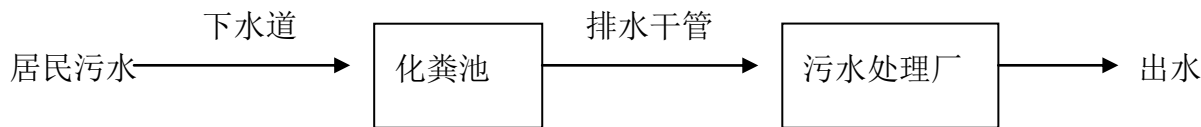


图 1-8 居民污水流向示意图

城市排水系统是城市基础设施建设的重要组成部分，通常由排水管网和污水处理厂组成。对于生活污水、工业废水和雨水所采用的不同排除方式所形成的排水系统，称作排水系统体制。作为特大型城市的上海，拥有排水管道 9732 公里。近 150 年来，随着城市化进程不断加快，地下管线也不断更新，在新建的采用雨污分流排水系统的同时，也存在大量的老的雨污合流排水系统。目前多种排水体制管道共存的局面是上海市排水体制变迁和发展的结果。

2.1.1 直排式合流制排水系统

上海开埠前，城区建有传统的排水沟渠，雨、污水就近排入河道。开埠初，租界在辟路的同时，只在路旁挖明沟或暗渠。1862 年起，英、法租界相继开始规划和建设雨水管道。这些管道都是以黄浦江、苏州河、虹口港和肇嘉浜等作为泄水河道。当时各地区各自为政，采

用的设计原则和标准各不相同，管网不成系统，设计标准偏低，排水不畅，在暴雨期间很多地区积水严重。

2.1.2 直排式合流制为主/不完全分流制为辅

20 世纪初，西式建筑启用卫生水厕，大量未经处理的污水排入河道，造成严重水质污染。1921 年起，公共租界相继埋设粪便污水管道，建造北区污水处理厂等 3 座采用活性污泥法的污水处理厂，部分地区实行雨、污水不完全分流制，全市多数地区的排水管网为雨、污水合流制。到 1949 年，共有雨水管道 531.5km，雨水泵站 11 座，排水能力为 $16\text{m}^3/\text{s}$ ；污水管道 117km，污水处理厂 3 座，日处理能力为 3.55 万立方米；排水系统网络不全。

2.1.3 完全分流制和直排式合流制并存

50 年代，市政府先后作出开辟新居住区、近郊工业区和卫星城的建设部署并确定新区建设时，采用雨、污水分流制的排水体系。后来，在新居住区建设 6 个污水排放系统和 6 座小型污水处理厂；在新建工业区中建有闵行、桃浦等 3 个污水系统和处理厂。同时还对原有 3 座污水处理厂进行技术改造。1983 年，市政府对污水治理提出“综合治理，管治并举”的方针，采取分流制和合流制并存，集中和分散相结合的原则，以集中治理为主进行建设。为住宅建设服务，新建、改建曲阳、天山、龙华、闵行等中型规模污水处理厂，以及泗塘、吴淞等 4 座小型污水处理厂，城市污水处理工程得到相应重视。

2.1.4 截流式合流制排水系统成为主体

80 年代，国民经济迅速发展，市区污水未经任何处理通过合流管道直接排入黄浦江、苏州河等河道，以致严重污染了河水水质。为此合流污水治理一期工程、污水治理二期工程相继动工，分别截流苏州河两岸及黄浦江沿岸的合流污水和生活污水，并排放至长江大水体扩散稀释。已经投入使用的污水治理三期工程是又一重大截污治污工程，该工程建成后，使污水收集、处理系统在整个中心城区覆盖面扩大，形成石洞口、竹园、白龙港等污水排放系统，极大地削减了黄浦江、苏州河和中小河流的污染压力，为水生态环境的修复奠定扎实的基础。

2.1.5 截流式合流制和雨污分流制组合系统

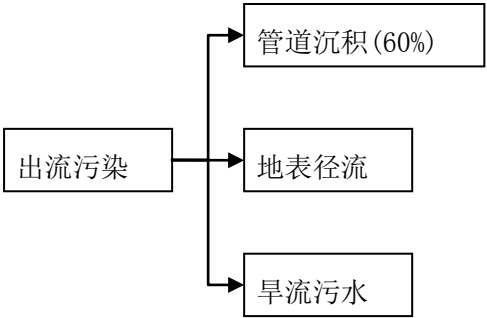
随着上海经济的发展，上海已分别在三个最大的外排系统末端建设污水处理厂，使其达到一定的要求后排入接纳水体。上海市为充分利用新建污水收集系统，将合流一期、二期污水收集系统附近的污水处理厂取消，原有污水管网纳入合流一期、二期系统，保留了 8 座离污水收集主干网较远的城市污水处理厂，将其改建，增加脱氮除磷功能。

小结

鉴于上海市排水体制的复杂性，在该项目的相关实验及分析中，

食品垃圾处理器在一定范围内推广对上海排水管道的影响应侧重以下几方面考虑：

(1). 无论是分流制还是合流制系统，其出流污染的主要来源均为管道沉积、地表径流、旱流污水，其中约 60% 的出流污染负荷来自管道沉积物的冲刷。因此，后续研究应根据上海排水体制的特点，分别考察旱流和满流状态下食物垃圾粉碎后在排水干管中的沉降、流动和降解情况。



(2). 由于防汛压力大、河道污染严重，上海在排水系统规划中着重于及时排除雨、污水，防止市区内涝和集中处理污水、达标排放、防止公共水域水质污染这两项功能。在对待雨水问题上，并未充分考虑其循环利用。因此，后续相关研究应充分考虑雨水对管道的冲刷作用和由此产生的冲击负荷。

2.2 上海市生活污水处理概况

2.2.1 上海市生活污水处理能力及处理量

目前，上海已建成 52 座污水处理厂，处理能力达 686 万立方米/

天，污水实际处理量约 520 万立方米/天，处理率达 85%以上，局全国首位。2009 年污水总量 630.4 万立方米/天，日均处理量 497.6 立方米/天，全市污水处理率达到 78.9%左右。

上海的城市污水处理厂大多数是 70 年代后期建成的，至 90 年代初，已建成 23 座城市污水处理厂。到 2000 年，增至 31 座，规模都较小，污水处理能力仅 99.6 万立方米每天。近年来污水处理水质水量与设计容量的对比如图 1-9 所示。

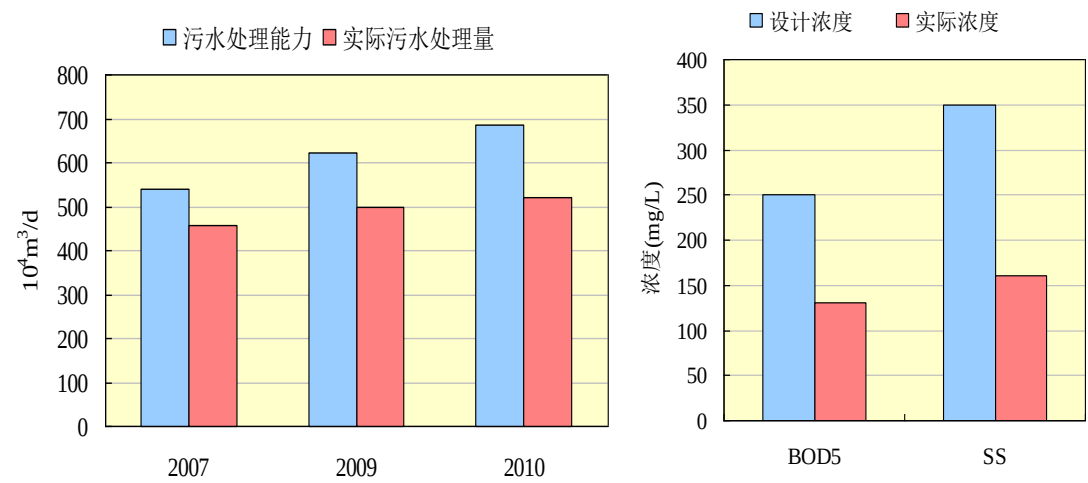


图 1-9 上海污水处理能力与实际处理情况对比

现有的污水处理厂，大多是两级污水处理厂，处理工艺基本采用活性污泥法、生物滤池法和 A/O、A²/O 生物脱氮处理法。在设计和扩建污水处理厂时，采用了一些新的工艺，如 A/B 法工艺和序批式活性污泥法(SBR) 等。上海市污水处理系统规划分区、污水厂及主干管分布情况如图 1-3 所示，主要污水处理厂信息如表 1 所示（具体介绍见附 1）。可以看出，目前仍有较多污水处理厂未满负荷运行，全

多亿元(如下图所示)。

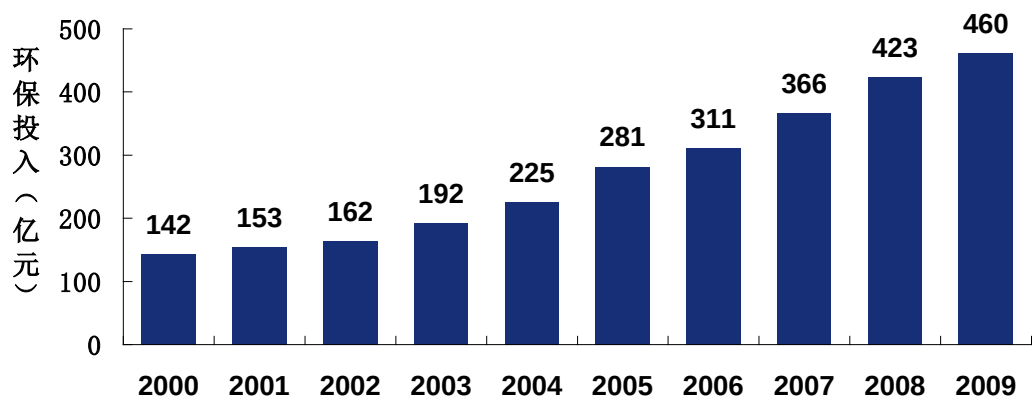


图 1-11 上海市环保计划年投入

至 2008 年底，第三轮环保计划（2006~2008 年）已基本落实，在水环境治理和保护领域，3 年共新建或改、扩建污水处理厂 26 座（其中列入第三轮计划的有嘉定新城、松江、松江东部和青浦污水厂扩建等 12 座郊区污水处理厂），新增污水日处理能力达 202 万立方米，中心城区污水收集管网基本实现全覆盖。郊区共建成 1800 余公里污水收集管线，城镇污水收集处理系统初步形成，污水处理率达 75.5%，全市污水日处理能力达 673 万立方米。

随着第四轮环保计划（2009~2011 年）的实施，水环境治理与保护专项中金山鹏鹞污水厂、奉贤东部污水厂星火开发区输送干线等项目已完成，竹园污水处理厂和白龙港污水处理厂升级改造工程正按计划节点施工，届时污水日处理能力将提高 100 万立方米以上。

小结

根据上海市污水处理能力现状及其预期发展趋势，可初步认为：

(1)食品垃圾处理器在一定范围内推广所增加的排水量，整体上不会对上海的污水处理设施造成冲击。

(2)另外，食品垃圾进入排水系统是否会增加生活污水的有机污染物浓度，不仅与产品推广程度和上海食品垃圾特点密切相关，而且与排水体制以及产品可能引起的排水量增加程度有很大关系，还有待进一步实验分析。

(3)随着各大污水厂陆续提标升级改造，增加了脱氮除磷功能，可初步预测，食品垃圾处理器的逐步推广可能在一定程度上改善上海污水碳源不足、营养比例失调的问题，提高污水的生物处理能力。

2.2.2 上海市城市污泥处理处置概况

随着污水处理量的逐年增加，上海城市污泥量也呈上升趋势，目前上海市城市污泥产量为 860 吨/天(干固体)，折合含水率 80%污泥泥饼为 1075 吨/天。

从表 1-2 和附 2 信息可以看出，上海市现有污水处理厂（中心城区、外围城镇）的污泥处理处置现状，可概括为以下 3 类：（1）污泥经重力浓缩后，进湿污泥池，湿污泥用船外运、土地处置；（2）污泥经重力浓缩后，机械脱水（带式压滤机、离心机），脱水后泥饼或土地处置或进入城市固体废弃物处理处置系统；（3）工业废水含量较多

的污水处理厂污泥，经重力浓缩、机械脱水后焚烧。

上海市污泥处理处置管理战略的指导思想是：根据上海市的实际情况，寻求满足近期、中期、远期总体要求的最优经济技术策略，并实现环境保护的目标。通过若干年的努力，在合理利用现有设施的基础上，充分利用上海市的可利用资源，适应上海市的经济发展状况，实现污泥“处理分散化、处置集约化、技术多元化、目标阶段化”的处理处置战略。

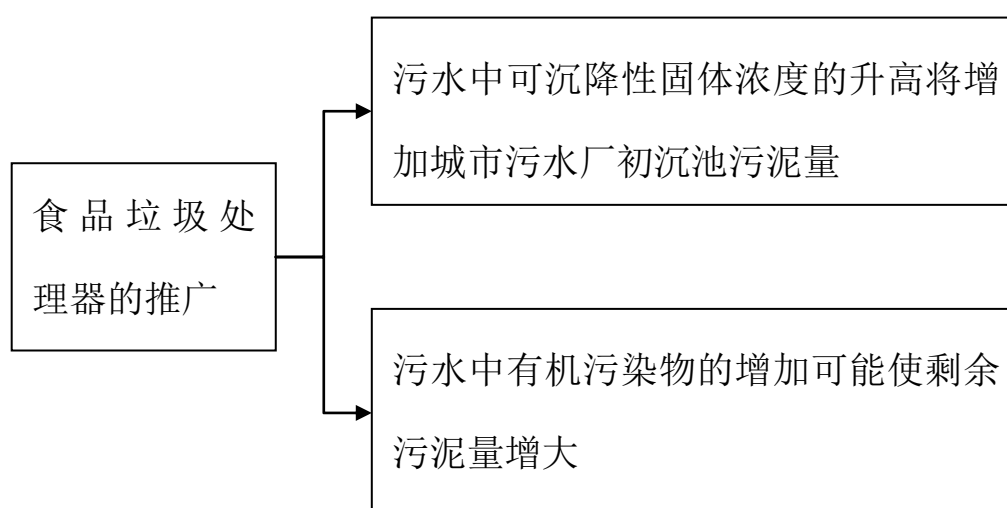
值得一提的是，随着污水厂的不断新建、改建、扩建，相应的污泥处理设施也不断完善，随着第四轮环保行动计划（2009~2011 年）的实施，水环境治理与保护专项中的嘉定安亭污泥处理工程、南汇污泥处理工程等项目已完成。青草沙水源地建设工程和西干线改造工程进展顺利，竹园污水处理厂升级改造工程和白龙港污水处理厂污泥处理处置工程即将竣工。

原则上讲，污泥的最终处置出路只有两条：一是使污泥脱离自然物质循环（如填埋、焚烧）；二是使污泥参与自然物质循环过程（如农用、厌氧产沼、好氧堆肥等）。如今，随着环保标准的日益严格和土地、资源的日益紧缺，污泥的资源化利用技术逐渐得到重视。与发达国家相比，我国污泥中有机质含量相对偏低在一定程度上限制了污泥厌氧产沼、好氧堆肥等技术的长足发展。

小结

在本项目研究中，可以初步预测：

(1)食品垃圾处理器的推广，将主要从以下两方面增加上海的城市污泥产量。第一，污水中可沉降性固体浓度的升高将增加城市污水厂初沉池污泥量；第二，污水中有机污染物的增加可能使剩余污泥量增大。



(2)食品垃圾处理器的推广将提高城市污泥中的有机质含量，这将一定程度上促进污泥厌氧产沼技术和好氧堆肥技术的发展。该产品的推广程度将如何改善城市污泥的产沼性能，还需后续实验验证。

(3)由于食品垃圾处理器的推广将同时改变污泥量和污泥性质，而污泥性质的改变将影响污泥处理处置方式的选择。因此，由于本产品推广产生的污泥增量是否会影响现有污泥处理设施，以及可能产生的超过处理容量部分造成的负面影响是否能够通过有机质含量对污泥资源化技术的促进作用来消除，仍需后续评估。

表 1-2 上海市主要污水处理厂信息汇总表

编号	处理厂名称	占地面积 (m ²)	处理规模 (10 ⁴ m ³ /d)	服务面积 (km ²)	服务人口 (10 ⁴ 人)	污水性质	污水处理工艺	污泥处理 工艺	处置
1	石洞口污水处理厂	661170000	40	79116	93116	工业废水 40% 生活污水 60%	二级加强生物除磷脱氮	浓缩、脱水、干化、 焚烧	灰渣填埋
2	白龙港污水处理厂	1200000	172	271.7	355.76	工业废水 40% 生活污水 60%	高效生物处理	储泥池、 脱水、卫生填埋	填埋
3	竹园第一污水处理厂	31790000	170	190	293	生活污水 70% 工业污水 30%	化学生物絮凝强化一级处理	浓缩脱水	填埋
4	竹园第二污水处理厂	200000	50	37.33	93.56	生活污水 85% 工业废水 15%	改良型 A/O 法	浓缩脱水	填埋
5	松江西部污水处理厂	66667	10	138	35	生活污水 80% 工业废水 20%	倒置式 A/A/O 污水处理工艺	浓缩脱水	填埋
6	龙华污水处理厂	56000	10.5	12	35	生活污水 70% 工业污水 30%	活性污泥法	浓缩脱水	填埋
7	曹杨污水处理厂	301000	3	58	81.4	工业废水 40%	AB 法二级污水处理工艺	浓缩脱水	填埋

						生活污水 60%			
8	彭浦污水处理厂	14700	0.57		20	生活污水 80% 工业废水 20%	生物膜法	浓缩脱水	填埋
9	闵行区污水处理厂	38000	3.2	9.25	16	工业废水 40% 生活污水 60%	A/O 法和三槽式氧化沟常规 活性污水处理	重力浓缩	堆肥
10	东区污水处理厂	26700	1.7	13	10	工业废水 40% 生活污水 60%	活性污泥法	浓缩脱水	填埋
11	上海市松江桐泾污水处理厂	36000000	2.7		30		A/O 工艺	浓缩脱水	填埋
12	上海松东水环境净化有限公司	700	7	100	22		MSBR 活性污泥法	浓缩脱水	填埋
13	上海市中纺污水处理厂	3200		100	22		活性污泥法	浓缩脱水	填埋
14	青浦第二污水处理厂	54000	6	86.7	45.3	工业废水 40% 生活污水 60%	卡罗赛尔氧化沟工艺	浓缩脱水	填埋
15	曲阳水质净化厂	353 00	7.5	6.5	20	生活污水 70% 工业污水 30%	活性污泥二级处理法	浓缩脱水	填埋
16	天山水质净化厂	45333	7.5	6.70	32	工业废水 40% 生活污水 60%	鼓风机曝气活性污泥法二级 处理法	浓缩脱水	填埋

二、 食物垃圾处理器对上海市垃圾处理系统的影响评估

使用食品垃圾处理器后，食物垃圾经粉碎后排入污水处理系统，由此，居民丢弃的生活垃圾的主要成分、理化性质等必然发生很大的变化，因此会影响到上海城市生活垃圾的产生量、垃圾理化性质等因素。本报告旨在评估食物垃圾处理器的推广、使用对上海生活垃圾处理系统的影响，主要研究内容如下：

对上海市居民生活垃圾及厨房垃圾的产生量、主要成分、理化性质、低位热值、灰分、水分、有机质含量进行实地调研及检测分析，数据来自于上海市环卫局和 30 个典型家庭的实地取样检测；评估食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100% 时，对上海城市生活垃圾的产生量、垃圾理化性质的影响，对垃圾焚烧性能、填埋处置的影响以及对生活垃圾分类回收系统的影响。

调研选取 30 个典型家庭，范围分为上海的市区和郊区，其中市区又分为高、中、低档小区。调研内容包括：生活垃圾的产生量、种类、主要组分，家庭厨房垃圾的产生量、种类、主要组分以及其所占的比例，垃圾低位热值、灰分、水分、有机质含量等。

1 食物垃圾处理器对上海垃圾分类体制的影响

由以上描述可见，上海垃圾混杂度高、含水率高、热值低，食物垃圾混入生活垃圾是一个重要原因。食物垃圾的含水率较高，低位热值较低，其混杂在生活垃圾中必然会对其含水率、低位热值产生影响，

对于目前上海的生活垃圾主流处理处置方法——填埋和焚烧技术的应用均造成不利影响。

故目前上海垃圾收集均将干、湿垃圾分类，将家庭厨余等湿垃圾纳入单独的收集体系，细化生活垃圾分类。而使用食物垃圾处理器后，食物垃圾经粉碎排入污水处理系统，其普及会实现垃圾分流，减轻上海垃圾分类收集的负担。本节将介绍上海居住小区内垃圾分类回收的方式，以及食物垃圾处理器对上海垃圾分类体制的影响。

截止 2004 年 6 月底，中心城区生活垃圾分类收集覆盖居住小区已达到 2092 个，占居住小区数的 56.5%，其中焚烧厂服务区域覆盖率达到 90%以上，主要集中在新建及设施较好的小区，郊区城镇地区分类覆盖率超过 40%。全市共回收各类可利用物资约 99443 吨，其中，累计分类回收废玻璃 13840 吨、废纸张 46245 吨、废塑料 20437 吨、废金属 18921 吨，另外回收有害垃圾 333 吨，其中废电池 311.5 吨(1163 万节)，过期药品 22.3 吨。

上海新一轮“环保三年行动计划”在固体废物处置与利用方面提出“贯彻‘减量化、资源化、无害化’原则，中心城区实现生活垃圾分类收集，郊区基本形成生活垃圾收集系统”的目标。进一步推进生活垃圾分类收集，建立合理的生活垃圾分类收集系统，成为加快上海城市发展进程的关键环节。

1.1 上海城市生活垃圾分类方法

目前上海市居民垃圾分类方法是由所在地区生活垃圾处理处置

方法确定的，全市 19 个区县被划为焚烧厂服务区和填埋场、综合利用厂服务区两大块，具体服务区县见表 2-1。

表 2-1 上海城市生活垃圾处理处置服务区域划分

服务区	焚烧厂服务区		填埋场、综合利用厂服务地区
处理设施	江桥焚烧厂（一期）	御桥焚烧厂	老港填埋场等
服务区县	黄浦区、静安区、普陀区	浦东新区	其余区县

注:普陀区系混合服务区，生活垃圾进入综合处理厂，干垃圾分拣后的残渣进焚烧厂，分类为干垃圾、湿垃圾、废玻璃和有害垃圾四类。

除大件垃圾外，居民生活垃圾分类方法是:焚烧厂服务区按有害垃圾、废玻璃和可燃垃圾进行分类；填埋场、综合利用厂服务区按湿垃圾、干垃圾和有害垃圾进行分类(图 2-1)，混合服务区按干垃圾、湿垃圾、废玻璃和有害垃圾进行分类。



图 2-1 填埋场、综合利用厂服务地区(杨浦区)垃圾分类收集宣传牌

1.2 上海城市生活垃圾收集形式

目前，上海各区生活垃圾分类收集形式主要有分类收集与上门收集结合、分类收集与使用垃圾生化处理机和废品回收结合、分类收集与压缩收集站结合这三种方式，但总体执行效果不佳。

1.2.1 分类收集与上门收集相结合

高层建筑实行分类收集可以通过对日常生活垃圾实行上门收集加以推广，在每个楼层设置分类收集容器，居民将分类后的垃圾投放至收集容器内，保洁人员定时收集。一方面方便居民投放垃圾、培养垃圾分类自觉性，另一方面也有利于对分类质量进行监督。图 2-2、2-3 为杨浦区垃圾分类收集桶。



图 2-2 杨浦区生活垃圾分类收集桶



图 2-3 杨浦区生活垃圾分类收集桶

1.2.2 分类收集与使用垃圾生化处理机和废品回收相结合

对条件较好、居民分类意识较强的居住小区，可以设置小型有机垃圾生化处理机，对湿垃圾进行就地消纳；同时也可以实行废品回收。有条件的地方，建设分类收集、废品回收和生化处理三结合的综合处理站，实现功能整合。

1.2.3 分类收集与压缩收集站相结合

对现有或规划中的小型压缩站进行合理布局、调整，实行干垃圾、湿垃圾的分类压缩，形成生活垃圾分类收集、分类压缩以及分类运输系统。图 2-4 为虹口区某小型垃圾压缩站，主要集中压缩处理附近五六个新建小区的居民生活垃圾。



图 2-4 虹口区小型垃圾压缩站

由此可见，上海垃圾收集均将干、湿垃圾分类，将家庭厨余等湿垃圾纳入单独的收集体系，细化生活垃圾分类。然而，上海市生活垃圾源头分类质量不高，对分类收集体系缺乏监督机制和经济激励手段。分类收集效率较低，宣传力度不足，公众参与和支持意识不高。大量食物垃圾与其他生活垃圾混合收集，进入垃圾终端处理系统，浪费了生物质资源，还降低了垃圾热值，影响焚烧的经济性，增加了填埋场的渗滤液。

而使用食物垃圾处理器后，食物垃圾经粉碎排入污水处理系统，其普及会实现垃圾分流，方便垃圾的分类投放，提高垃圾分类处理工作的效率；由于垃圾方便分类，从而能提高资源回收率，最大限度地避免食物垃圾成分对垃圾中可回收成分的污染，促进资源回收利用。食物垃圾处理器可作为“分类收集”的配套设施，为“分类收集”继

续深入开展提供突破口,从而提高垃圾管理水平,推动垃圾分类处理回收利用的技术发展,逐步解决我国生活垃圾难处理的问题。

小结

通过对上海垃圾收运系统流程的调研,得出以下结论:

(1)上海市生活垃圾源头分类质量不高,对分类收集体系缺乏监督机制和经济激励手段。分类收集效率较低宣传力度不足,公众参与和支持意识不高。大量食物垃圾与其他生活垃圾混合收集,进入垃圾终端处理系统,浪费了生物质资源,还降低了垃圾热值,影响焚烧的经济性,增加了填埋场的渗滤液。

(2)食物垃圾处理器的推广能够实现垃圾分流,方便垃圾的分类投放,提高垃圾分类处理工作的效率,从而提高垃圾管理水平,推动垃圾分类处理回收利用的技术发展,逐步解决我国生活垃圾难处理的问题。

2 食物垃圾处理器对上海垃圾减量化的影响

2.1 对生活垃圾产生量及成分的影响

2010年7~8月,通过对30户典型家庭的实地调研分析,得出,该季节,上海生活垃圾人均日产量为1.51kg,其中食物垃圾的人均日产量为1.23kg,占生活垃圾的81.5%。30户居民的生活垃圾组成如图2-5所示。

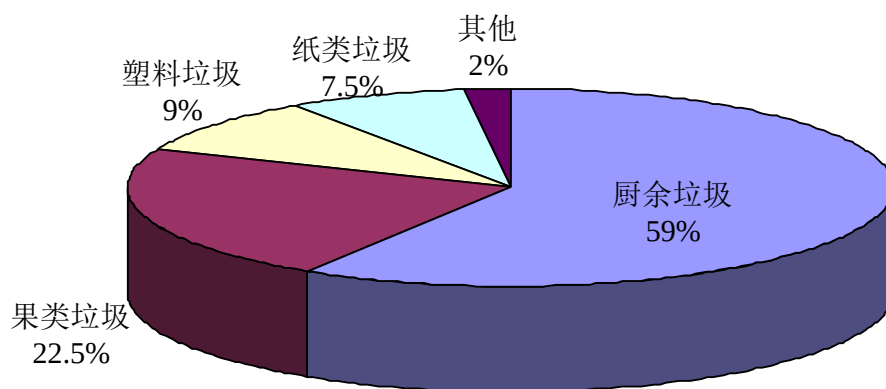


图 2-5 上海居民生活垃圾组成比例

由图 2-5 可见，上海市生活垃圾中含量最高的是餐厨垃圾，占 59%；其次是果类垃圾，占 22.5%；再次是塑料，占 9%。

由于食物垃圾处理器可以粉碎几乎所有的餐厨垃圾和果类垃圾，故其普及必然会影响上海生活垃圾产生量及其组成。7、8 月份取样调研显示居民生活垃圾中餐厨垃圾及果类垃圾所占比例为 81.5%，前期文献显示上海市生活垃圾中餐厨垃圾所占比例为 55~65%，考虑到取样调研的季节性，以生活垃圾中餐厨垃圾所占比例为 65%为计算参数。据估计，目前上海市生活垃圾的产生量已超过 20000 吨，以目前生活垃圾产生量为 20000 吨计，假设其全部经食物垃圾处理器粉碎后排入污水处理系统，则在食物垃圾处理器普及率为 0%、1%、5%、10%、100%时，上海生活垃圾处理量如图 2-6 所示。

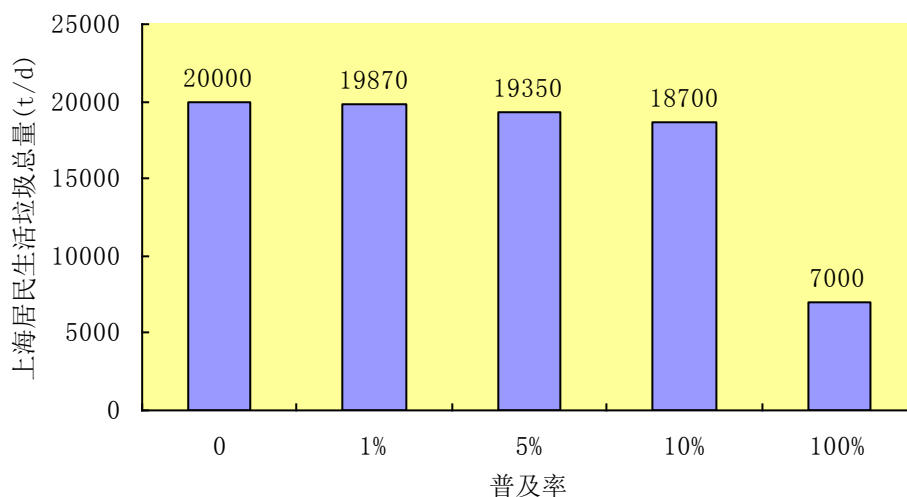


图 2-6 食物垃圾处理器不同普及率下上海生活垃圾总量 (t)

由图 2-6 可见，食物垃圾处理器不同普及率下，上海市生活垃圾总量有不同程度的减少，当普及率为 1%、5%、10%、100%时，生活垃圾减少量分别为 130、650、1300、13000t/d。可见，食物垃圾处理器的普及对于垃圾减量化意义重大。

2.2 对垃圾收运费用的影响

由于食物垃圾处理器的普及减少了上海生活垃圾收运量，因此节省了垃圾收集、运输的成本。

垃圾收运成本包括收集车辆(机动车和小型驳运车)的折旧成本、劳动力(司机和清洁人员)成本、车辆燃油和维修成本及车辆保险成本等。垃圾收运成本大约为 75 元/t，故食物垃圾处理器不同普及率下每天节省的垃圾收运成本如表 2-2 所示。

表 2-2 食物垃圾处理器不同普及率下节省的垃圾收运成本

普及率	1%	5%	10%	100%
指标				

节省成本（万元/d）	0.98	4.88	9.75	97.50
------------	------	------	------	-------

由图 2-7 可见，食物垃圾处理器的普及大大减少了垃圾收运成本，节省了劳动力，当其普及率为 1%、5%、10%、100%时，每天收运生活垃圾节省的成本分别为 0.98、4.88、9.75、97.50 万元。

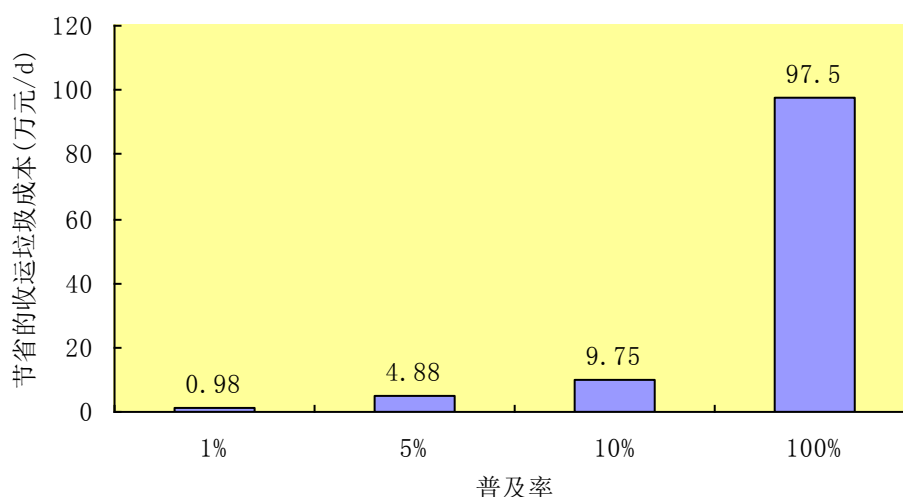
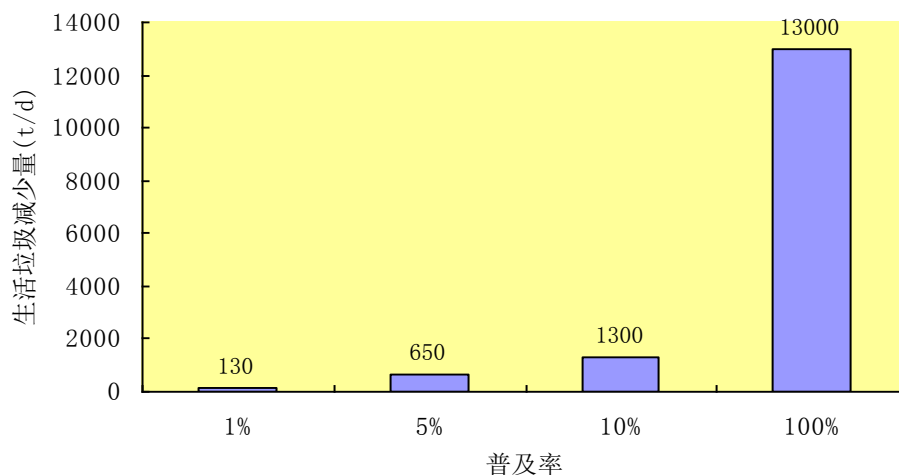


表 2-7 食物垃圾处理器不同普及率下每天收运生活垃圾节省的成本（万元/d）

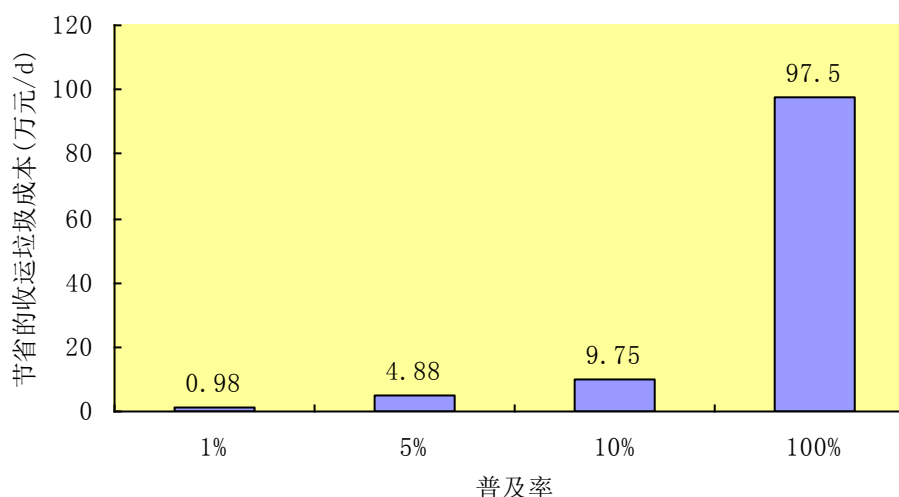
小结

通过调研分析，得出以下结论：

（1）食物垃圾处理器的普及有利于上海垃圾减量化，在其不同普及率下，上海市生活垃圾收运量有不同程度的减少，当普及率为 1%、5%、10%、100%时，生活垃圾减少量分别为 130、650、1300、13000t/d。



(2) 食物垃圾处理器的普及大大减少了垃圾收运成本，节省了劳动力，当其普及率为 1%、5%、10%、100% 时，每天收运生活垃圾节省的成本分别为 0.98、4.88、9.75、97.50 万元。



3 食物垃圾处理器对上海生活垃圾理化性质的影响

实验以 30 个典型家庭每天产生的生活垃圾为研究对象，分别检测居民总生活垃圾、食物垃圾及其他剩余垃圾的低位热值、灰分、有机质、含水率，研究食物垃圾处理器的普及对垃圾理化性质产生的影响。居民生活垃圾基本理化性质如表 2-3 所示。

表 2-3 上海居民生活垃圾理化性质

指标 种类	低位热值 /(kJ/kg)	含水率 /%	有机质 /%	灰分 /%
生活垃圾	3743	73.40	88.10	7.26
食物垃圾	996	84.10	86.60	7.46
剩余垃圾	14532	37.30	92.80	3.91

就垃圾填埋来说, 适应垃圾进场含水率应小于 30%, 就焚烧来说, 适应垃圾低位热值 4000~7500kJ/kg, 不可燃分小于等于 25%, 垃圾含水率小于 55%。

而由表 2-3 可见, 上海居民生活垃圾低位热值为 3743kJ/kg, 低于垃圾焚烧低位热值 4000~7500kJ/kg 的要求, 含水率为 73.40%, 远高于垃圾填埋及焚烧对含水率的要求, 而居民生活垃圾高含水率、低热值, 食物垃圾混入生活垃圾是一个重要原因。食物垃圾的含水率较高, 为 84.10%, 低位热值较低, 为 996 kJ/kg, 其混杂在生活垃圾中必然会对其含水率、低位热值产生影响, 对于目前上海的生活垃圾主流处理处置方法——填埋和焚烧技术的应用均造成不利影响。

使用食物垃圾处理器后, 食物垃圾经粉碎后排入污水处理系统, 故上海生活垃圾的理化性质必然会发生相应的变化。实验前 5 天, 将每天所取生活垃圾中的食物垃圾分别取出 1%, 5%, 10%, 100%, 剩余垃圾送交嘉定污水处理厂混匀, 测其各项理化性质指标, 此数据即为当食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100%时, 居民生活垃圾理化性质指标, 如表 2-4 所示。

表 2-4 食物垃圾处理器不同普及率下居民生活垃圾理化性质

指标 普及率	低位热值 /(kJ/kg)	含水率 /%	有机质 /%	灰分 /%
0%	3743	73.40	88.10	7.26
1%	3766	73.30	88.10	7.26
5%	3860	73.00	88.20	7.25
10%	3987	72.50	88.20	7.24
100%	15810	26.40	94.70	6.38

由表 2-4 可见，食物垃圾处理器的普及使上海居民生活垃圾的低位热值有所升高，含水率有所降低，当食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100%时，低位热值由 3743 kJ/kg 分别升至 3766、3860、3987、15810kJ/kg，含水率由 73.40%分别降至 73.30%、73.00%、72.50%、26.40%。

3.1 食物垃圾处理器对上海垃圾焚烧性能的影响

假设生活垃圾全部用于焚烧处理，在食物垃圾处理器不同普及率下，产生的直接及间接经济效益评估如下。

3.1.1 减少外加辅助燃料费用

一般认为，垃圾热值达到 4000kJ/kg 以上，采用焚烧方式对其进行处理时不用添加辅助燃料。而餐厨垃圾的低位热值较低，导致生活垃圾的热值小于 4000kJ/kg，焚烧时需外加辅助燃料。由表 2-5 可知，食物垃圾处理器的普及使生活垃圾中食物垃圾的比例有所减少，降低了居民生活垃圾的含水率，提高了低位热值，从而使垃圾焚烧性能有

所升高，减少了外加辅助燃料的费用。

假设以上海某生活垃圾焚烧厂为例，该厂处理生活垃圾 1500 t / d，采用喷油的方式辅助垃圾焚烧。通常情况下，燃烧 1 t 生活垃圾需消耗 4~8kg 柴油，以燃烧 1t 生活垃圾平均补充柴油 6kg 计，已知 0[#]柴油低位热值为 40.1 MJ/kg，在食物垃圾处理器普及率为 1%时，生活垃圾低位热值由 3743kJ/kg 升为 3766kJ/kg，则在食物垃圾处理器普及率为 1%时燃烧 1t 垃圾所节省的外加柴油量为：

$$\frac{1000 \times (3766 - 3743)}{40.1 \times 1000} = 0.574 \text{ kg}$$

柴油单价为 6.7 元/kg，则燃烧 1t 生活垃圾节省的外加柴油费用为：0.574×6.7=3.846元。

而当食物垃圾处理器普及率为 1%时，每天减少了 130t 垃圾量，则每天节省的外加柴油费用为：20000×40.2-(20000-130)×(40.2-3.84)=81526(元)=8.16(万元)。

以此类推，食物垃圾处理器不同普及率下焚烧 1t 生活垃圾所节省的外加柴油量及每天节省的外加燃料费用如表 2-5 所示。

表 2-5 食物垃圾处理器不同普及率下焚烧 1t 垃圾所节省的外加柴油量及每天节省的外加燃料费用

普及率 指标	1%	5%	10%	100%
节省柴油量(kg/t)	0.57	2.92	6	6
节省成本（元/t）	3.84	19.55	40.20	40.20
节省成本（万元/d）	8.16	40.44	80.40	80.40

由表 2-5 可见，食物垃圾处理器的普及提高了生活垃圾的低位热

值，大大减少了垃圾焚烧时外加辅助燃料的费用，当食物垃圾处理器普及率分别为 1%、5%时，每燃烧 1t 生活垃圾所节省的柴油成本分别为 3.84、19.55 元，当食物垃圾处理器普及率 $\geq 10\%$ 时，垃圾热值 ≥ 3987 kJ/kg，故无需外加柴油辅助垃圾燃烧，焚烧每吨垃圾节省的辅助燃料成本为 40.20 元/t。

3.1.2 增加发电量及电费收益

食物垃圾处理器的普及提高了垃圾的低位热值，而焚烧厂垃圾焚烧产生的热量中，一部分热量可以通过汽轮机发电，转化为电能，发电效率为 10%~20%不等，以发电效率为 15%计，而 1 度电=3600kJ，当食物垃圾处理器普及率为 1%时，焚烧 1t 生活垃圾提高的电量为：

$$(3766-3743) \times 1000 \times 0.15 / 3600 = 0.96(\text{度})$$

以此类推，食物垃圾处理器不同普及率下所增加的发电量及相应电费（按照上海电费 0.617 元/度）计算如表 2-6 所示。

表 2-6 食物垃圾处理器不同普及率下焚烧 1t 生活垃圾增加的发电量及每天增加的发电收益

普及率 指标	1%	5%	10%	100%
电量（度/t）	0.96	4.88	10.17	502.79
电费（元/t）	0.59	3.01	6.27	310.22
电费（万元/d）	-0.08	-0.43	-0.78	92.10

由表 2-6 可见，食物垃圾处理器的普及提高了垃圾的低位热值，增加垃圾焚烧产生的热量，从而使焚烧厂发电量有所增加。当食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100%时，焚烧 1t 生活垃圾所增

加的发电量分别为 0.96、4.88、10.17、502.79 度，换算成电费分别为 0.59、3.01、6.27、310.22 元/t。

食物垃圾处理器普及率为 1%时，每天增加的发电收益计算方法如下：

食物垃圾处理器普及率为 1%时上海每天生活垃圾总量为 20000t，每天减少的生活垃圾总量为 130t，食物垃圾处理器普及率为 1%时每吨生活垃圾增加的发电收益为 0.59 元，未使用食物垃圾处理器时每吨生活垃圾热值为 3743kJ/kg，发电收益为 $3743 \times 0.15 \times 1000 \times 0.617 / 3600 = 96.2$ 元，则每天增加的发电收益为： $19870 \times 0.59 - 130 \times 96.2 = -0.08$ 万元。

3.1.3 减少渗滤液产生量及处理费用

垃圾焚烧厂贮仓内会产生垃圾渗滤液，它作为一种特殊废水，其处理的投资、运行成本远远高于一般城市、工业污水，这主要是由于渗滤液氨氮浓度很高、有机物浓度高，导致处理工艺复杂，设备繁多。

而食物垃圾处理器的普及使得生活垃圾的总量有所降低，故在垃圾焚烧厂贮仓内的垃圾渗滤液产生量也有不同程度的减少，相应地也会降低焚烧厂垃圾渗滤液处理费用。焚烧贮仓内垃圾渗滤液产生量随垃圾含水率变化如表 2-7 所示。

表 2-7 焚烧贮仓内渗滤液产生量与垃圾含水率关系表

垃圾含水率	填埋场垃圾渗滤液产生量占垃圾湿重百分比
70%—80%	25%
60%—70%	20%

50%—60%	10%
30%—50%	5%
<30%	不产生渗滤液

为了考察上表中经验数据的可靠性,在实验室模拟了焚烧贮仓内垃圾渗滤液产生量。设计容积为 1m^3 的仓体,下端均匀分布小孔,使滤出的渗滤液收集在仓体下接的计量收集装置中。首先每次加入 500kg 不同含水率的垃圾(采用不同含水率的垃圾混合配比,再测定其含水率,使其含水率大致分布在 30%、40%、50%、60%、70%、80%),放置 10d,读出计量装置中的渗滤液体积,来考察当含水率降到何种程度时,不产生渗滤液。然后分别称取 500kg 食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100%的垃圾,放入仓体,放置 10d,读出计量装置中的渗滤液体积,来估计在焚烧厂垃圾贮仓中渗滤液的产生量,进而考察表 2-7 中经验数据的可靠性。

根据上述设计的实验结果得到当含水率小于 40%时,不产生垃圾渗滤液。另一方面,食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100%时,其初始含水率、放置后含水率以及渗滤液产生量占垃圾湿重比例如表 2-8

表 2-8 食物垃圾处理器不同普及率下含水率的变化和渗滤液的产生量

普及率 指标	1%	5%	10%	100%
初始含水率(%)	77.10	76.90	75.40	26.40
放置后含水率(%)	56.20	54.70	55.10	26.10
渗滤液产生量占垃圾湿重百分比	19.60	20.90	20.30	0

由表 2-8 可见，当食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%时，垃圾初始含水率、放置后的含水率以及渗滤液产生量占垃圾湿重百分比均相差不大，而当食物垃圾处理器普及率为 100%时，无渗滤液产生。其次，渗滤液产生量占垃圾湿重百分比略小于垃圾初始含水率和放置后含水率之差，说明在放置过程中还有水分增发的情况情况。对比表 2-7 的经验数据，在垃圾含水率在 70%-80%之间时，焚烧厂垃圾贮仓内渗滤液产生量为垃圾湿重的 25%，实验所得的数据小于该经验数据，考虑到实际情况下焚烧厂垃圾贮仓中有压滤存在，所以经验数据大于实验数据是有可能的。综上所述，得到表 3-6 中的经验数据有一定的可靠性。

由表 2-8 可见，当食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%时，垃圾含水率均在 70%-80%之间，当食物垃圾处理器普及率为 100%时，垃圾含水率为 26.40%。由表 2-7 可知，在垃圾含水率在 70%-80%之间时，焚烧厂垃圾贮仓内渗滤液产生量为垃圾湿重的 25%。当垃圾含水率为 26.40%，焚烧厂垃圾贮仓不产生渗滤液。

则在食物垃圾处理器普及率为 1%时，每天减少的渗滤液产生量为： $130 \times 0.25 = 32.5\text{t}$ 。当食物垃圾处理器普及率为 100%时，垃圾不产生渗滤液，此时每天减少的渗滤液产生量为未使用食物垃圾处理器时垃圾渗滤液产生量。未使用食物垃圾处理器时上海垃圾总量为 20000t，每天渗滤液产生量为 $20000 \times 25\% = 5000\text{t}$ ，故食物垃圾处理器普及率为 100%时，每天减少的垃圾渗滤液产生量为 5000t。

上海垃圾焚烧厂渗滤液处理费用大约为 10~20 元/t，以平均 15

元/t 计，则食物垃圾处理器普及率为 1%时每天节省的渗滤液处理费用为： $32.5 \times 15 = 487.5$ 元。以此类推，食物垃圾处理器不同普及率下每天减少的渗滤液产生量及处理费用如表 2-9 所示。

表 2-9 食物垃圾处理器不同普及率下减少的渗滤液产生量及处理费用

普及率 指标	1%	5%	10%	100%
渗滤液减少量 (t/d)	32.50	162.5	325	5000
费用 (万元/d)	0.05	0.24	0.49	7.50

由表 2-9 可见，食物垃圾处理器的普及减少了垃圾渗滤液及处理费用，当食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100%时，每天减少的渗滤液处理费用分别为 0.05、0.24、0.49、7.50 万元。

3.1.4 经济收益分析

(1)直接经济收益分析

食物垃圾处理器的普及减少了垃圾焚烧时外加辅助燃料用量，提高了焚烧厂发电量，减少了焚烧厂贮仓内的渗滤液产生量，提高了垃圾焚烧厂的收益。

表 2-10 食物垃圾处理器不同普及率下的直接经济收益

普及率 指标	1%	5%	10%	100%
收运费减少值 (万元/d)	0.98	4.88	9.75	97.50
外加燃料费减少值 (万元/d)	8.16	40.44	80.40	80.40

发电收益增加值 (万元/d)	-0.08	-0.43	-0.78	92.10
渗滤液处理费减少 值(万元/d)	0.05	0.24	0.49	7.50
收益额 (万元/d)	9.11	45.13	89.86	277.50

收益部分分为减少的垃圾收运费、减少的燃料费、提高的发电费、减少的渗滤液处理费用。在食物垃圾处理器不同普及率下，垃圾焚烧厂直接经济收益如表 2-10 所示。

由表 2-10 可知，食物垃圾处理器的普及大大增加了垃圾焚烧厂的收益额，当其普及率为 1%、5%、10%、100%时，每天所增加的垃圾焚烧厂直接经济收益分别为 9.11、45.13、89.86、277.50 万元。

(2)间接收益分析

食物垃圾处理器的普及减少了生活垃圾的产生量，从而减少了焚烧厂所需接纳的垃圾量，不仅对于已建有的垃圾焚烧厂具有减压的作用，还可以减少规划的新建焚烧厂。不同规模的城市生活垃圾焚烧厂，其生活垃圾焚烧处理成本（不含收运成本）构成有着一定的区别，但其主要成本包括土建费、设备费、预备费、其他费用等。根据查阅相关资料和调研结果，生活垃圾焚烧厂的工程投资费用参考指标如表 2-11。

表 2-11 生活垃圾焚烧厂的工程投资费用参考指标 万元/t

工程 规模	300 t/d			500 t/d	
	150t/d×2	100t/d×3	75t/d×4	150t/d×3	150t/d×4
土建费	1615	1795	1915	2080	2367
设备费	6680	7851	8906	9524	12500
其他费	1720	1826	1918	2309	2523

预备费	2186	2514	2799	3040	3607
总投资	12201	13986	15538	16953	20997
吨投资额	40.67	46.62	51.79	37.67	35.00

目前，上海市约有超过 20%的生活垃圾未经妥善处理(按生活垃圾产生量 20000t/d 计，约 4000t/d 未经妥善处理)，若采用焚烧方式处理尚未妥善处理的生活垃圾，按吨投资额 40 万元/吨计，需投资约 16 亿人民币。若采用食物垃圾处理器处理食物垃圾，将直接减少产生的生活垃圾量，从而间接减少了需要投资建设的焚烧厂个数。当食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100%时，可减少的新建焚烧厂投资如下表所示：

表 2-12 食物垃圾处理器不同普及率下减少的焚烧厂基建费用

普及率 指标	1%	5%	10%	100%
垃圾减少量 (t/d)	130	650	1300	13000
减少焚烧厂投资费用 (亿元)	0.52	2.6	5.2	16

由上表可见，假设上海市产生的生活垃圾全部进行焚烧处理，根据目前约有 20%的生活垃圾未妥善处理的现状，在食品垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100%时，可一次性节省新建焚烧厂投资 0.52、2.6、5.2、16 亿元人民币。根据表 2-12，按吨投资额 40 万元/吨计，假设一个焚烧厂可以使用 20 年时间，则折算到平均每天的吨投资费用约为 $40 \times 10^4 / (365 \times 20) = 55$ 元。

故食物垃圾处理器普及率为 1%时，每天减少的垃圾量为 130t，用于焚烧厂建设费用减少： $130 \times 58.01 = 7541.3$ 元/d。同理依次计算当食物垃圾处理器普及率为 5%、10%、100%时的减少的费用，食物垃

圾处理器不同普及率下，减少的焚烧厂投资费用折算到平均每天节省的费用如下表所示。

表 2-13 食物垃圾处理器不同普及率下减少的焚烧厂基建费用

普及率 指标	1%	5%	10%	100%
垃圾减少量 (t/d)	130	650	1300	13000
减少费用 (万元/d)	0.71	3.56	7.12	21.92

由表 2-13 可知，若采用焚烧方式处理生活垃圾，食物垃圾处理器的普及可大大减少新建垃圾焚烧厂，间接减少总的垃圾处理费用，当其普及率为 1%、5%、10%、100%时，可减少的焚烧厂投资费用分别为 0.52、2.6、5.2、16 亿元，假设焚烧厂服务年限为 20 年，折算为每天所节省的焚烧厂基建费用分别为 0.71、3.56、7.12、21.92 万元。

3.2 食物垃圾处理器对上海垃圾填埋处置的影响

假设生活生活垃圾全部用于填埋处理，在食物垃圾处理器不同普及率下，产生的直接及间接经济效益评估如下。

3.2.1 减少垃圾渗滤液产生量及处理费用

垃圾填埋场渗滤液产生量与垃圾含水率关系如表 2-14 所示。

表 2-14 垃圾填埋场渗滤液产生量与垃圾含水率关系表

垃圾含水率	填埋场垃圾渗滤液产生量占垃圾湿重百分比
70%—80%	35%
60%—70%	25%
50%—60%	15%
30%—50%	5%
<30%	不产生渗滤液

由表 2-14 可见，当食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%时，垃圾含水率均在 70%-80%之间，当食物垃圾处理器普及率为 100%时，垃圾含水率为 26.4%。由表 2-14 可知，在垃圾含水率在 70%-80%之间时，填埋场垃圾渗滤液产生量为垃圾湿重的 35%。当垃圾含水率为 26.4%，填埋场垃圾不产生渗滤液。

故食物垃圾处理器普及率为 1%时，每天减少的渗滤液产生量为： $130 \times 35\% = 45.5\text{t}$ 。当食物垃圾处理器普及率为 100%时，垃圾不产生渗滤液，此时每天减少的渗滤液产生量为未使用食物垃圾处理器时垃圾渗滤液产生量。未使用食物垃圾处理器时上海垃圾总量为 20000t，每天渗滤液产生量为 $20000 \times 35\% = 7000\text{t}$

上海老港四期生活垃圾填埋场渗滤液处理费用为 12 元/t，则食物垃圾处理器普及率为 1%时每天减少的渗滤液处理费用为： $45.5 \times 12 = 546$ 元。食物垃圾处理器普及率为 100%时每天减少的渗滤液处理费用为： $7000\text{t} \times 12 = 84000$ 元。

以此类推，食物垃圾处理器不同普及率下每天减少的渗滤液产生量及处理费用如表 2-15 所示。

表 2-15 食物垃圾处理器不同普及率下减少的渗滤液产生量及处理费用

普及率 指标	1%	5%	10%	100%
渗滤液减少量 (t/d)	45.5	227.5	455	4550
费用 (万元/d)	0.05	0.27	0.55	5.46

由表 2-15 可见，食物垃圾处理器的普及减少了垃圾填埋场渗滤液产生量及处理费用，当食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、

100%时，每天减少的渗滤液处理费用分别为 0.05、0.27、0.55、5.46 万元。

3.2.2 减少的其他运行费用

城市生活垃圾卫生填埋处理成本指城市生活垃圾处理场在生活垃圾填埋处理过程中发生的费用。不同规模的城市生活垃圾处理场，其生活垃圾填埋处理成本（不含收运成本）构成有着一定的区别，但其主要成本包括直接材料费、能耗费、渗滤液处理费、检修维护费、大修费、财务费用、工资福利、其他费用、折旧费。其中渗滤液处理费用已在上节中分析。根据查阅相关资料和调研结果，处理容量为 200~1000t/d 生活垃圾填埋处理场运行平均成本费用参考指标如表 2-16 所示。

故食物垃圾处理器普及率为 1%时，每天减少的垃圾量为 130t，用于填埋场建设和运行的费用减少： $130 \times 27.71 = 3602.3$ 元/d。同理依次计算当食物垃圾处理器普及率为 5%、10%、100%时的减少的费用，食物垃圾处理器不同普及率下每天减少的填埋场运行费用如表 2-16 所示。

表 2-16 生活垃圾填埋处理场运行成本费用参考指标

成本项目	耗用项目	价格 (以元计)	耗用量	成本费用 (元/吨)
直接材	覆盖用土	4 元/立方米	0.15 立方米/吨	0.60
	护坡用纺织袋	0.5 元/个	1.5 个/吨	0.75
	护坡用土	4 元/立方米	0.021 立方米/吨	0.09

料 费	沼气导排井	500 元/米	0.002 米/吨	1.00
	填埋区临时 道路用煤(钢) 渣、建筑渣土	煤(钢)渣: 16 元/立方米	0.05 立方米/吨	0.75
		建设渣土: 15 元/立方米	0.05 立方米/吨	
	防飞散网			0.60
	消杀除臭剂			1.50
	化验试剂			0.20
能耗费	水费			0.03
	电费	0.74 元/度	1.3 度/吨	0.97
	燃料费	5.4 元/公升	1.35 公升/吨	7.29
	辅助油费			0.03
检修维护费				2.40
大修费				1.32
工资福利				9.18
其他费用				1.00
单位经济 成本				27.71

表 2-17 食物垃圾处理器不同普及率下减少的填埋场运行费用

普及率 指标	1%	5%	10%	100%
垃圾减少量 (t/d)	130	650	1300	13000
减少运行费用 (万元/d)	0.36	1.80	3.60	36.02

由表 2-17 可知，若采用填埋方式处理生活垃圾，食物垃圾处理器的普及可大大减少新建垃圾填埋场，间接减少总的垃圾处理费用，当其普及率为 1%、5%、10%、100%时，每天所节省的填埋场运行费

用分别为 0.36、1.80、3.60、36.02 万元。

3.2.3 经济收益分析

(1)直接经济收益分析

食物垃圾处理器的普及减少了填埋垃圾渗滤液产生量、运行费用等，提高了垃圾填埋厂的收益。收益部分分为减少的垃圾收运费、减少的填埋场运行费用、减少的渗滤液处理费用。在食物垃圾处理器不同普及率下，垃圾填埋收益额如表 2-18 所示。

表 2-18 食物垃圾处理器不同普及率下的收益额

普及率 指标	1%	5%	10%	100%
收运费减少值 (万元/d)	0.98	4.88	9.75	97.50
渗滤液处理费减少 值 (万元/d)	0.05	0.27	0.55	5.46
减少运行费用 (万 元/d)	0.36	1.80	3.60	36.02
收益额 (万元/d)	1.39	6.95	13.90	138.98

由表 2-18 可知，若采用填埋方式处理生活垃圾，食物垃圾处理器的普及可大大节省垃圾填埋处理费用，当其普及率为 1%、5%、10%、100%时，每天所节省的垃圾填埋处理费用分别为 1.39、6.95、13.90、138.98 万元。

(2)间接经济收益分析

食物垃圾处理器的普及减少了生活垃圾的产生量，从而减少了填埋场所需接纳的垃圾量，不仅对于已建有的垃圾填埋场具有减压的作用，还可以减少规划的新建填埋场。

目前，上海市约有超过 20%的生活垃圾未经妥善处理(按生活垃圾产生量 20000t/d 计，约 4000t/d 未经妥善处理)，已知填埋场库容造价约为 12~25 元/m³，生活垃圾压实密度为 0.8~1.2t/ m³，若库容造价按 20 元/ m³ 计，压实密度按 1t/ m³ 计，则，若采用填埋方式处理尚未妥善处理的生活垃圾，需新增库容造价 4000×20=80000 元/d。若采用食物垃圾处理器处理食物垃圾，将直接减少产生的生活垃圾量，从而间接减少了新增填埋场库容费用。当食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100%时，可减少的新增填埋场库容费用如下表所示：

表 2-19 食物垃圾处理器不同普及率下减少的新增填埋场库容费用

普及率 指标	1%	5%	10%	100%
垃圾减少量 (t/d)	130	650	1300	13000
减少填埋库容费用 (万元/d)	0.26	1.3	2.6	8.0

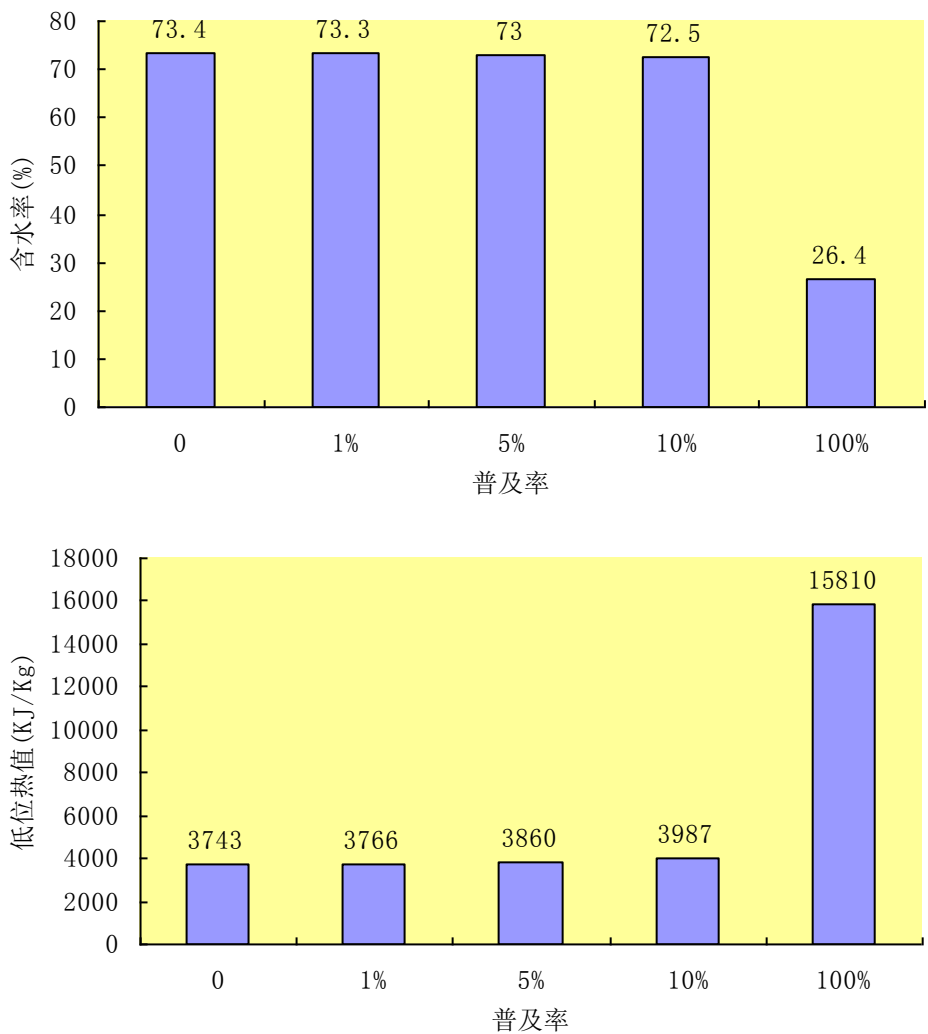
由上表可见，食物垃圾处理器的普及减少了新增垃圾填埋场库容费用，当食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100%时，每天减少的新增垃圾填埋场库容费用分别为 0.26、1.3、2.6、8.0 万元。

小结

实验以 30 个典型家庭每天产生的生活垃圾为研究对象，研究食

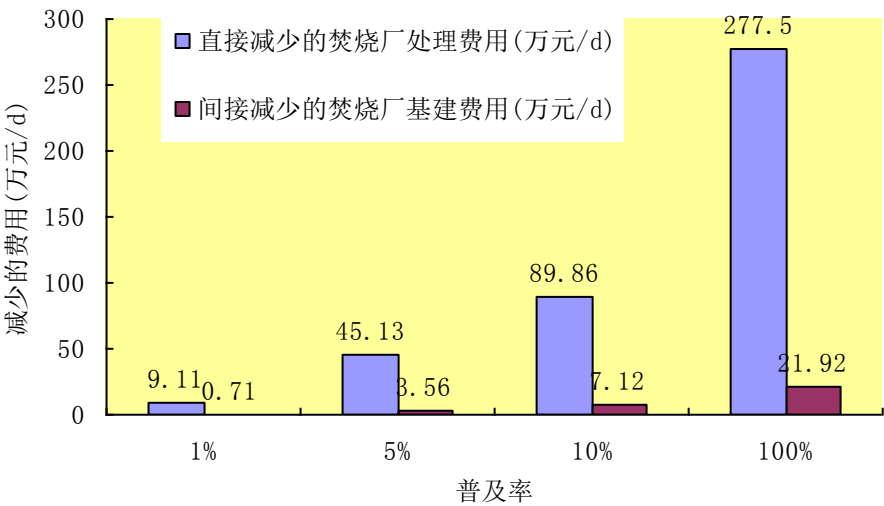
物垃圾处理器的普及对垃圾理化性质产生的影响，结果如下：

(1) 上海生活垃圾含水率较高，低位热值较低，不符合垃圾焚烧及填埋的要求，而食物垃圾混入生活垃圾是导致上海生活垃圾高含水率、低热值的重要原因。使用食物垃圾处理器后，食物垃圾经粉碎后排入污水处理系统，使生活垃圾含水率降低，热值升高。食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100% 时，含水率由 73.4% 分别降至 73.3%、73.0%、72.5%、26.4%。低位热值由 3743 kJ/kg 分别升至 3766、3860、3987、15810 kJ/kg。

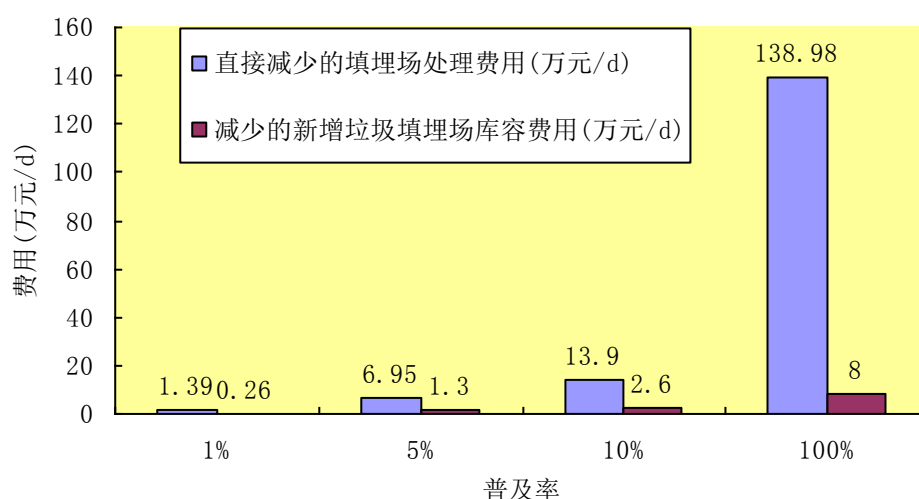


(2) 食物垃圾处理器的普及提高了垃圾焚烧性能，减少了垃圾

焚烧时外加辅助燃料用量，提高了焚烧厂发电量，减少了焚烧厂贮仓内的渗滤液产生量，提高了垃圾焚烧厂的收益。假设上海市产生的生活垃圾全部进行焚烧处理，根据目前约有 20%的生活垃圾未妥善处理的现状，在食品垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100%时，每天直接减少的垃圾焚烧厂处理费用分别为 9.11、45.13、89.86、277.50 万元，并可一次性节省新建焚烧厂投资 0.52、2.6、5.2、16 亿元人民币，折算为每天间接降低的焚烧厂基建费用分别为 0.71、3.56、7.12、21.92 万元。



(3)食物垃圾处理器的普及减少了垃圾填埋场内的填埋用地量，减少了填埋垃圾渗滤液产生量，降低了垃圾填埋的费用。假设生活生活垃圾全部用于填埋处理，当其普及率为 1%、5%、10%、100%时，每天直接降低的垃圾填埋场填埋处理费用分别为 1.39、6.95、13.90、138.98 万元，间接减少的新增库容投资可折算成每天节省新增库容费用分别为 0.26、1.30、2.60、8.00 万元。

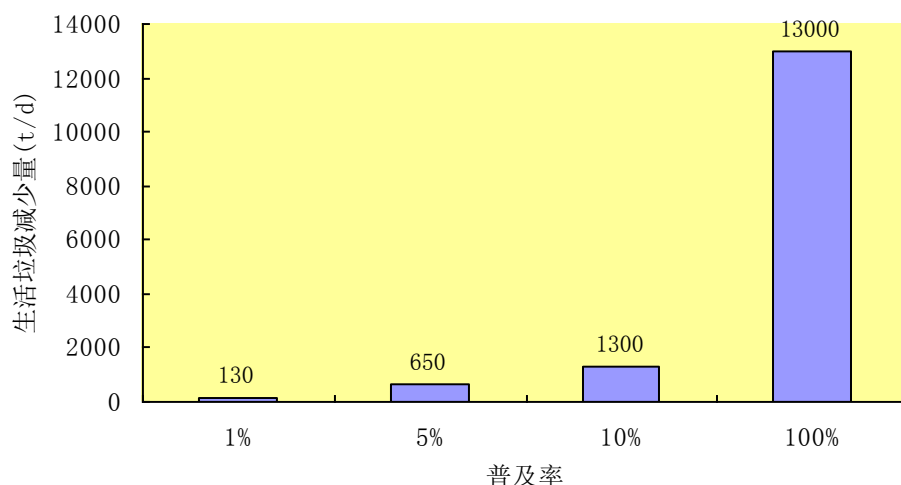


4 结论

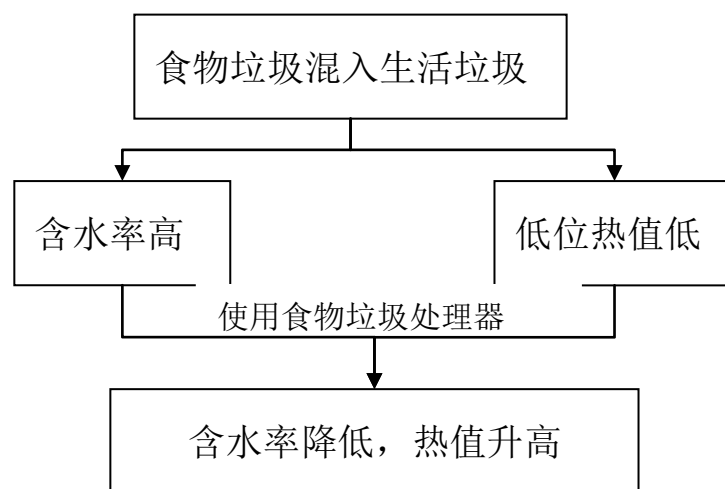
本实验对上海市居民生活垃圾及厨房垃圾的产生量、主要成分、理化性质、低位热值、灰分、水分、有机质含量进行实地调研及检测分析, 评估食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100% 时, 对上海城市生活垃圾的产生量、垃圾理化性质产生的影响, 对垃圾焚烧性能、填埋处置的影响以及对生活垃圾分类回收系统的影响。得出以下结论:

(1) 上海市生活垃圾源头分类质量不高, 对分类收集体系缺乏监督机制和经济激励手段, 分类收集效率较低。而食物垃圾处理器的推广能够实现垃圾分流, 方便垃圾的分类投放, 提高垃圾分类处理工作的效率, 从而提高垃圾管理水平, 推动垃圾分类处理回收利用的技术发展, 逐步解决我国生活垃圾难处理的问题。

(2) 食物垃圾处理器的普及有利于上海生活垃圾减量化的推进, 减少了垃圾收运成本, 节省了劳动力, 当普及率为 1%、5%、10%、100% 时, 生活垃圾减少量分别为 130、650、1300、13000t/d。

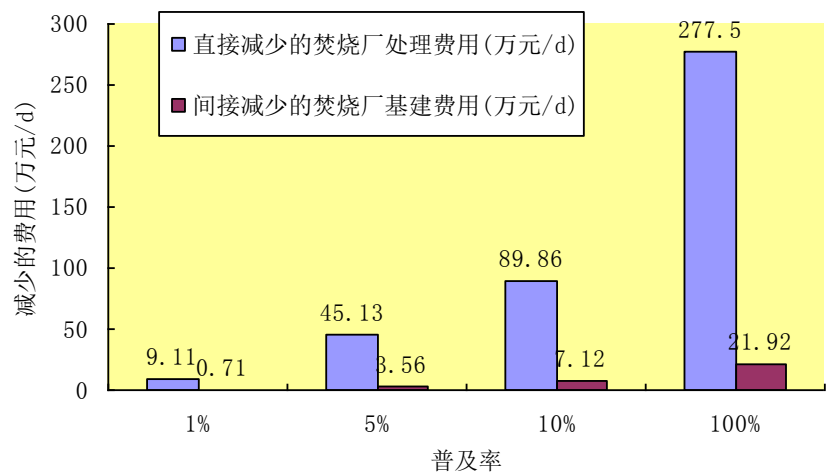


(3) 上海生活垃圾含水率较高，低位热值较低，不符合垃圾焚烧及填埋的要求，而食物垃圾混入生活垃圾是导致上海生活垃圾高含水率、低热值的重要原因。使用食物垃圾处理器后，食物垃圾经粉碎后排入污水处理系统，使生活垃圾含水率降低，热值升高。

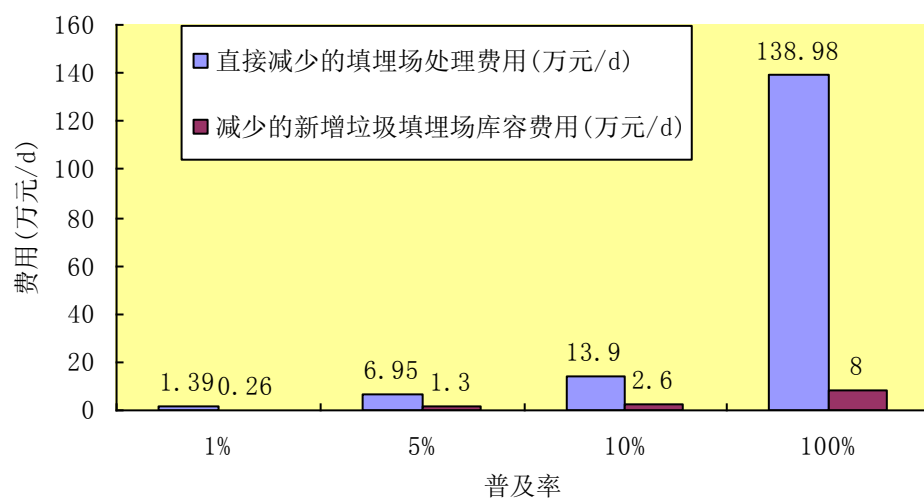


(4) 食物垃圾处理器的普及提高了垃圾焚烧性能，减少了垃圾焚烧时外加辅助燃料用量，提高了焚烧厂发电量，减少了焚烧厂贮仓内的渗滤液产生量，提高了垃圾焚烧厂的收益。假设上海市产生的生活垃圾全部进行焚烧处理，根据目前约有 20%的生活垃圾未妥善处理的现状，在食品垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100%时，

每天直接减少的垃圾焚烧厂处理费用分别为9.11、45.13、89.86、277.50万元，并可一次性节省新建焚烧厂投资0.52、2.6、5.2、16亿元人民币，折算为每天间接降低的焚烧厂基建费用分别为0.71、3.56、7.12、21.92万元。



(5)食物垃圾处理器的普及减少了垃圾填埋场内的填埋用地量，减少了填埋垃圾渗滤液产生量，降低了垃圾填埋场的运行费用。假设生活生活垃圾全部用于填埋处理，当其普及率为1%、5%、10%、100%时，每天直接降低的垃圾填埋场填埋处理费用分别为1.39、6.95、13.90、138.98万元，间接减少的新增库容投资可折算成每天节省新增库容费用分别为0.26、1.30、2.60、8.00万元。



三、 食物垃圾处理器对上海市污水处理系统的影响评估

食品垃圾处理器是一种装在厨房水盆下水口处的一种装置，可以将食物垃圾粉碎成极小的颗粒后直接冲入下水系统，使餐后清理更方便，也大大的改善了厨房的环境，减少厨房尤其是存放垃圾桶的橱柜内的臭味；减少了孳生蟑螂、细菌的可能同时也使清理排放家庭垃圾成为一项轻松干净的工作。

使用食品垃圾处理器后，食物垃圾经粉碎后排入污水处理系统，故居民的用水量、污水处理厂进水量、污染物浓度等会发生相应的变化，继而会影响污水处理厂污泥量及产沼性能。本报告旨在从食物垃圾处理器对上海生活污水水量、水质、城市污泥量及产沼潜力的影响等方面，评估食物垃圾处理器的普及对上海污水处理系统的影响。

实验选取 30 户不同家庭背景和居住环境的上海普通居民每日产生的生活垃圾为研究对象，通过实验室模拟实验，研究使用食品垃圾处理器后污水水量、水质（COD，BOD₅，SS，TN，TP，NH₃-N）的变化，评估食品垃圾处理器普及率为 1%，5%，10%、100%时对于上海市污水处理系统的影响。

1 食物垃圾处理器对上海生活污水量的影响

目前，上海已建成 52 座污水处理厂，处理能力最高达 686 万吨/天，污水实际处理量约 520 万立方米/天，即有 166 万吨/天的富余容量，污水处理能力居全国首位。上海现有的污水处理厂，大多是 2 级

污水处理厂，处理工艺主要采用活性污泥法(东区污水处理厂、曹杨污水处理厂等)、生物滤池法(彭浦污水处理厂)和 A/O 生物脱氮处理法(吴淞污水处理厂、长桥污水处理厂)。在设计和扩建污水处理厂时，采用了一些新的工艺，如 A/B 法工艺和序批式活性污泥法(SBR)等。现上海仍有较多污水处理厂未满负荷运行，全市污水处理设施尚有富余容量 25%。

1.1 人均用水用电增量

通过对 30 户普通居民每日产生的生活垃圾的分析研究，得出生活垃圾人均日产量为 1.51kg，其中食物垃圾的人均日产量为 1.23kg，占生活垃圾的 81.5%。由于使用食品垃圾处理器粉碎垃圾时需一定的水量，故排入下水管道的污水量有不同程度的增加。通过实验室模拟居民使用食品垃圾处理器粉碎餐厨垃圾时的情况，研究使用食品垃圾处理器后对污水量的影响。人均污水排放增量如表 3-1 所示。

表 3-1 人均污水排放增量 (L/d)

项目	最大值	最小值	平均值
排放量 (L/d)	14.90	7.10	9.31

上海市民平均每人每天用水量约为 200L，如表 3-1 所示，食品垃圾处理器的用水量平均为 9.31L/(人·天)，使用食物垃圾处理器后居民人均用水量仅增加 4.45%，幅度很小，几乎不会对居民用水量造成影响。由于上海居民用水费收费标准为 1.33 元/立方米，排水费收费标准为 1.08 元/立方米，合计 2.41 元/立方米，故食物垃圾处理器的使用造成的居民水费增加值为 0.02 元/(人·天)。

根据前期调研及实验研究显示，食物垃圾处理器粉碎食物垃圾平均每天每户用时约 12.9 分钟，食物垃圾处理器的功率为 0.75 马力，即 0.55KW，根据计算可得使用食物垃圾处理器的耗电量为 0.119 度/(人·天)，折合电费（按照上海电费 0.617 元/度计算）0.07 元/(人·天)。

1.2 上海污水排放增量

按上海常住人口为 1700 万计，当食物垃圾处理器普及率达到 1%、5%、10%、100%时，上海污水排放增量如表 3-2 所示：

表 3-2 上海污水排放增量（万 t/d）

普及率 项目	1%	5%	10%	100%
排放量（万 t/d）	0.16	0.79	1.58	15.83

目前上海污水实际处理量约 520 万吨/天，则当食物垃圾处理器普及率达到 1%、5%、10%、100%时，上海污水排放总量如表 3-3 所示，食物垃圾处理器不同普及率下水量增量与污水厂富余容量对比如图 3-1 所示。

表 3-3 上海污水排放总量（万 t/d）

普及率	0%	1%		5%		10%		100%	
	负荷	负荷	增加%	负荷	增加%	负荷	增加%	负荷	增加%
污水量	520.0	520.2	0.03	520.8	0.15	521.6	0.30	535.8	2.95

由表 3-2 可知，当食品垃圾处理器普及率为 5%时，上海污水排放增量为 0.79 万吨/天，排放总量与原污水排放量相比增加 0.15%，排污系统增加的水力负荷几乎可以忽略不计。

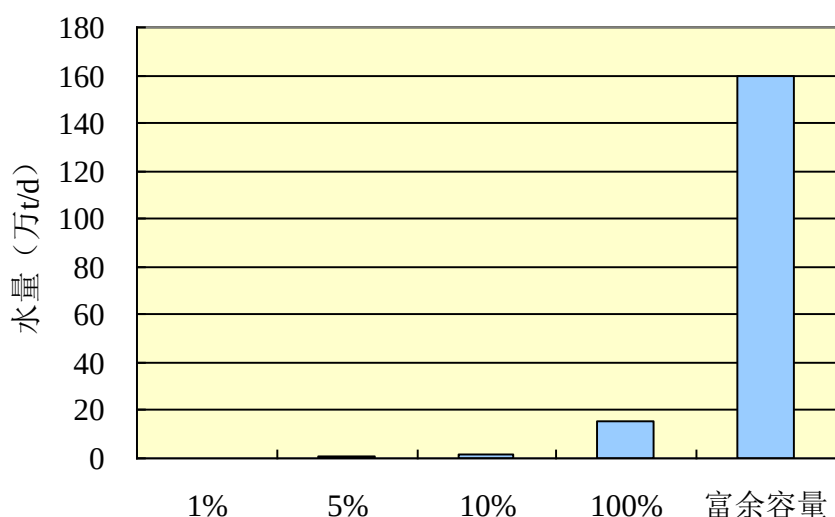


图 3-1 食物垃圾处理器不同普及率下水量增量与污水厂富余容量对比

由图 3-1 可以看出，即便是在食物垃圾处理器普及率达到 100% 的理想状态下，上海污水排放量增加 15.83 万吨/天，也远低于上海污水处理厂 166 万吨/天的富余容量，仍然不会对污水处理系统造成影响。

小结

鉴于使用食品垃圾处理器多产生用水量的复杂性及不确定性，在相关的实验分析中，针对用户的不同操作习惯，对 30 户家庭的食物垃圾进行食物垃圾处理器粉碎后用水量进行记录，得出如下结论：

(1)食品垃圾处理器的用水量为 9.31L/人·天，使用食物垃圾处理器后居民人均用水量仅增加 4.45%，居民水费增加 0.02 元/(人·天)，几乎可以忽略不计。故食品垃圾处理器的推广不会对居民用水量造成很大的影响；食品垃圾处理器的耗电量为 0.119 度/(人·天)，折合电费（按照上海电费 0.617 元/度计算）0.073 元/(人·天)。

(2)食品垃圾处理器的普及率对整个上海市污水排放总量的影响

极小，即使在普及率为 100%的情况下，每天仅增加 15.83 万吨污水，相对于原污水排放量仅增加 2.95%，且远低于上海市污水处理厂 166 万吨/天的富余容量。故可以认定，食品垃圾处理器的普及并不会给上海市污水处理带来额外的负担及影响。

2 使用食物垃圾处理器对下水管道的影响分析

使用食物垃圾处理器后，SS 会大幅度增加，从而可能会堵塞排水管道。本报告从以下两个方面研究食物垃圾处理器对城市排水系统可能产生的堵塞隐患：

- （1）对小区排水系统的堵塞隐患
- （2）对单个家庭排水系统的堵塞隐患

2.1 对小区排水系统的的影响分析

《室外排水规范》（GB50014-2006）规定：排水系统中污水管道最小管径 200mm。但经验数据显示，管径 150 mm 管道的水力性能要优于管径 200 mm 的管道。小区排水管内设计流量通常大于管径 150 mm，最大设计充满度 0.55，最小设计坡度 0.006 时的极限通过流量(约 6.42L/s)。

表 3-4 污水管道最小管径时各参数的规定限制

项目	最小管径	
	150	200
最小设计坡度	0.006	0.004
管内流速/(m/s)	0.47	0.64
管内水深/mm	43	43
充满度	0.29	0.215
最大充满度时管内流速/(m/s)	0.64	0.64

管道具有一定的充满度。管径不能无原则地放大，否则会使管道

充满度减小，流速降低，污物杂质易于沉积管底，成为堵塞原因之一。

担负 40-50 户以内的小区排水系统管段通常采用的是 D150 管径。

使用食物垃圾处理器前后 SS 发生了大幅度变化，如表 3-5、表 3-6 所示：

表 3-5 使用食物垃圾处理器前 SS 浓度值（mg/L）

编号	SS	编号	SS
1	250	4	150
2	170	5	250
3	150	6	200

表 3-6 使用食物垃圾处理器后 SS 浓度值(mg/L)

项目	SS	VSS	可沉降 SS
浓度	2516.3	1518.8	997

表 3-7 食物垃圾处理器不同普及率下上海市污染物浓度增量(mg/L)

项目 普及率	SS	VSS	可沉降 SS
1%	0.77	0.46	0.30
5%	3.82	2.31	1.52
10%	7.64	4.61	3.03
100%	74.35	44.88	29.46

由表 3-7、表 3-8 可知，食物垃圾处理器普及率在 1% -10%之间时，SS 增量较小，对上海市排水系统造成的影响几乎可以忽略不计。食物垃圾处理器普及率为 100%时， $VSS/SS=59.2\%$ ，VSS 所占比

例虽比污水处理厂设定值（75%左右）略低，但多数城市的排水管网采用的是合流制或改造过的合流制，因此大部分污水处理厂进水都是经过大量水稀释的，可沉降 SS 的浓度经水稀释后也会降低。故即使食物垃圾处理器普及率达到 100%，SS 大幅度增加，但经过合流制或改造过的合流制的排水系统后已经被大量水稀释，所以理论上对小区整体排水系统不存在堵塞隐患。

表 3-8 食物垃圾处理器不同普及率下上海市污染物排放增量（t/d）

项目 普及率	SS	VSS	可沉降 SS
1%	3.98	2.40	1.58
5%	19.92	12.02	7.89
10%	39.84	24.05	15.79
100%	398.40	240.47	157.86

2.2 对单个家庭排水系统的影响分析

2.2.1 对家庭厨房排水管道的影响分析

厨房下水道材质多为 PVC 塑料管，一般家庭排水管道直径通常 $\geq 50\text{mm}$ 。在使用食物垃圾处理器前，厨房下水道倘若出现堵塞问题，堵塞物可能是：油脂、头发、较大块儿的鱼肉骨头、鱼鳞、菜渣混合物等。堵塞原因可能是：

(1)由于管道及其配件的内壁存在毛刺而造成的堵塞,如在投入使用后,管内毛刺会勾挂住一些不易融于水的如头发、餐巾纸之类杂物而堆积于管道内堵塞(此种情况出现在刚刚投入使用的排水管道);

(2)管道水平坡度不足或平坡现象也易造成堵塞或排水不畅。此项属于施工设计原因;

(3)此外,随着人们生活水平的提高,现在厨房废水(厨房洗涤废水、清洗抽油烟机废水等)的含油率越来越高,对于城镇居民,由于一日三餐在家做饭的时间较少,使排水管道流量和水头不足,排水管道内的油垢不能及时冲刷,也有造成排水管道堵塞的隐患。

表 3-9 UPVC 排水横支管水力计算表

公称 外径 (mm)	壁 厚 (mm)	计算 内径 (mm)	最大充满 度 h/D	水力半径 R (m)	水力坡度		
					标准坡度 i_1	通用坡度 i_2	最小坡度 i_3
50	2.0	46.0	0.5	0.0115	0.026	0.020	0.012
75	2.3	70.4	0.5	0.0176	0.026	0.014	0.007
90	3.2	83.8	0.5	0.0210	0.026	0.012	0.005
110	3.2	103.6	0.5	0.0259	0.026	0.010	0.004
粗糙系数 (n)	过水断面 面积 W (m ²)	管道流速			设计排水流量		
		V ₁ (m/s)	V ₂ (m/s)	V ₃ (m/s)	Q ₁ (L/s)	Q ₂ (L/s)	Q ₃ (L/s)
0.009	0.0008	0.91	0.80	0.62	0.76	0.66	0.52
0.009	0.0019	1.21	0.89	0.63	2.36	1.73	1.22
0.009	0.0028	1.36	0.93	0.60	3.75	2.55	1.65
0.009	0.0042	1.57	0.97	0.62	6.61	4.10	2.59

由目前现有排水系统状况以及调研情况可知，堵塞问题多是由于大块或大件餐厨垃圾残留物所致。以下是厨房排水管道及洗涤池的各项水力参数：

表 3-10 排水横支管承接卫生器具排水流量与 UPVC 排水横支管设计排水流量对比表

排水横支管承接卫生器具		UPVC 排水横支管设计排水流量 (L/s)					
卫生器具	排水流量 (L/s)	公称外径 50 (mm)			公称外径 75 (mm)		
厨房单格洗涤盆 (池)	0.67	标准坡度	通用坡度	最小坡度	标准坡度	通用坡度	最小坡度
厨房双格洗涤盆 (池)	1.00	$Q_1=0.76$	$Q_2=0.66$	$Q_3=0.52$	$Q_1=2.36$	$Q_2=1.73$	$Q_3=1.22$

注：当采用建筑排水硬聚氯乙烯 (UPVC) 管道作为排水横支管时，除了采用单格洗涤盆 (池) 在标准坡度下可以采用公称外径 50mm 管道外；其他情况均应采用公称外径 75mm 管道。

由以上各参数及实验数据可知，使用食物垃圾处理器一个月后，盛放垃圾混合液的集水桶壁上所附油脂的平均厚度大约在 1~2mm 左右，最厚的集水桶内壁上油脂厚度为 3mm。使用食物垃圾处理器后，SS 虽大幅度提高，但最大颗粒直径 $\leq 5\text{mm}$ ，而目前一般家庭排水管道直径通常为 75~110mm，最小直径 $\geq 50\text{mm}$ ，即使将油脂厚度和悬浮物颗粒最大直径都考虑在内，亦不会对下水道造成堵塞。

食物经食物垃圾处理器处理，被粉碎后呈液体状以较大的流速排出处理器，具有较大的动能，对附在排水管壁上的油脂油垢会产生较

大的冲击力，从而在一定程度上克服了使用食物垃圾处理器前油垢不能及时从管壁上冲刷掉的缺陷。换句话说，使用食物垃圾处理器不仅不会对排水系统造成堵塞，反而会使管道堵塞的可能性较使用前更小。

2.2.2 对单个家庭排水弯管的影响分析

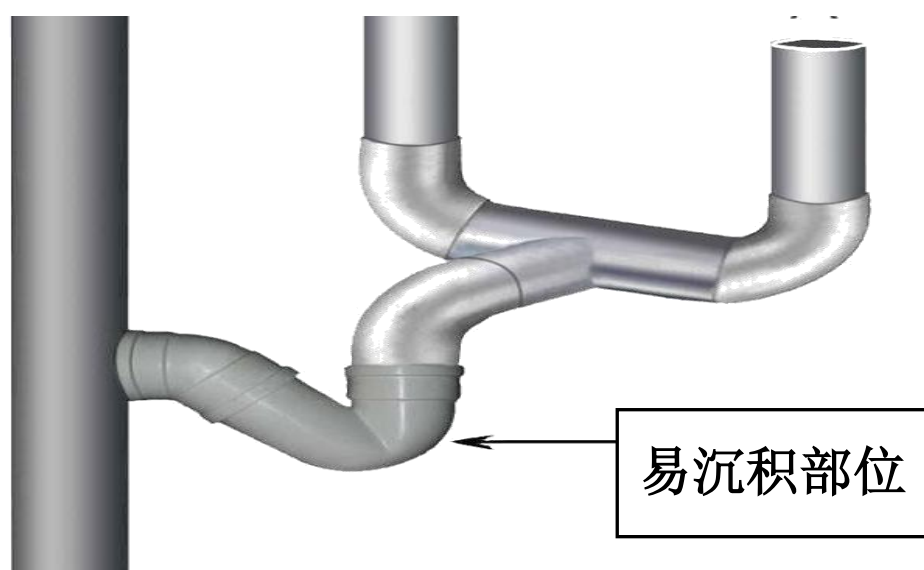


图 3-2 排水弯管附图

下水道弯管，水工又称为“S 弯”，根据连通器原理，S 形弯管内能够保持积水，从而阻隔了下水道里臭气外逸。通常在排水后弯管里总会留有一段水柱，其作用有二：

(1)弯管中的水柱可防止地下水道中的臭气窜入室内，也可有效地防止害虫沿管道爬进室内；

(2)弯管可使进入管中的杂物沉积于 U 型管的底部，防止杂物进入地下水道，这段弯管常常做成活动连接式或在弯管底部装有可以卸下的塞子，很容易打开来清除管中的杂物。S 形有蓄水作用，能够隔

绝下水道与洗手池、洗碗池等的空气，也即隔绝了与室内空气交流，从而防止了细菌扩散。

表 3-11 卫生器具排水的流量、当量和排水管的管径

序号	卫生器具名称	排水流量/(L/s)	当量	排水管径/mm
1	厨房单格洗涤（池）	0.67	2.00	50
2	厨房双格洗涤（池）	1.00	3.00	50

弯管处下方有一塞子，塞子盖厚约 1.5cm，塞子几乎与地面平行，食物残渣易于在此处沉积，是出现管道堵塞的咽喉部位。

污水管道在设计充满度下最小设计流速为 0.6m/s，厨房排水流量一定时（0.67 或 1.00L/s），食物经食物垃圾处理器粉碎后，会以较大流速流向排水系统，产生较大的动能，从而对弯管处造成很大的冲击力，使食物残渣颗粒不易在弯管处沉淀。对于一日三餐在家做饭次数较少的用户，排水管道内排水流量不足，油垢不能及时冲刷。使用食物垃圾处理器后，弯管下方的塞子盖中留存的沉积物和油脂，会在较大冲击力下上翻，从而顺着水流经由排水系统进入污水处理厂。综上，下水道弯管处堵塞的嫌疑可排除。

2.3 对排水系统避免堵塞风险的实验评估

上文从理论上得出了使用食物垃圾处理器不会对城市排水系统造成堵塞的结论。为了验证该结论的可靠性，此处设计了一组模拟家庭排水系统运行状况的实验。在食物垃圾处理器演示柜下方垃圾混合液流出管底部安装一截如图 2-2 所示的排水管道。管道采用透明度较好的材质，以便更好的观察记录实验现象。

排水管道的尺寸按表 3-9、表 3-10、表 3-11 中管道的最低限值设定。管径采用公称直径 50mm，在最大充满度 0.5 时，最小坡度定为 0.012。在以下实验中，水龙头流速控制在 0.62m/s，整体流量保持在 0.52L/s 左右。

模拟 5 户家庭使用食物垃圾处理器处理前后的排水系统运行状况。5 户家庭是从使用食物垃圾处理器装置的家庭中随机抽选的。

实验模拟**使用食物垃圾处理器前**排水系统的运行状况。具体操作步骤如下：

(1) 先将 5 户家庭弯管下方的塞子盖取出，清洗干净，称取并记录质量 M_1 。

(2) 将清洗后的塞子重新安装于弯管下方，然后记录安装时间，一个月后卸下塞子，称量并记录其质量 M_2 ，观察塞子盖及管道中油垢及油脂的粘附情况。

(3) 由 $(M_2 - M_1)$ 即可推算出管道堵塞情况。

实验模拟**使用食物垃圾处理器后**排水系统的运行状况（模拟期间食物垃圾处理器正常运行）。具体操作步骤如下：

(1) 先将 5 户正在使用食物垃圾处理器家庭的弯管下方的塞子盖取出，清洗干净，称取并记录质量 M'_1 。

(2) 将清洗后的塞子重新安装于弯管下方，然后记录安装时间，一月后卸下塞子，称量并记录其质量，观察塞子盖及管道中油垢及油脂的粘附情况。

(3) 由 $(M'_2 - M'_1)$ 即可推算出管道堵塞情况。

表 3-12 弯管下方塞子盖及其内积存物质量

用户编号	M_1 /g	M_2 /g	沉积物净 重/g	用户编号	M'_1 /g	M'_2 /g	沉积物净 重/g
1	150.80	152.20	1.40	1	150.50	151.40	0.90
2	149.70	151.60	1.90	2	149.30	150.70	1.40
3	151.00	155.80	4.80	3	150.70	154.80	4.10
4	149.20	152.90	3.70	4	149.10	152.30	3.20
5	150.30	153.80	3.50	5	150.20	153.00	2.80
平均值	150.20	153.30	3.10	平均值	149.96	152.40	2.50

实验称量塞子盖的质量如表 3-12 所示，前后数据对比可知：

使用食物垃圾处理器前，平均每月每户塞子盖中沉积物的质量为 3.10g；

使用食物垃圾处理器后，平均每月每户塞子盖中沉积物的质量为 2.50g。

由以上数据可以得出，使用食物垃圾处理器后塞子盖中沉积物的质量较使用前少。在一个月內，数据变化不大（减少 0.58g），可忽略不计，所以不存在预想的堵塞问题。而对用户调查发现，未使用食物垃圾处理器时，排水管道从未堵塞，由此，即从实验上验证了使用食物垃圾处理器不会对排水系统造成堵塞。

此外，实验中还发现，使用食物垃圾处理器后，弯管下方的塞子盖中留存的沉积物在较大冲击力下上翻，继而顺着水流流出模拟段排水管道。而使用食物垃圾处理器前几乎没有出现过类似现象。

从弯管内沉积物的物理性状对使用食物垃圾处理器前与使用后作比较：使用食物垃圾处理器前弯管下方的塞子盖沉积物腐烂度较使

用食物垃圾处理器后大，臭味也较大。此现象也从侧面证明了使用食物垃圾处理器后，弯管下方的塞子盖中留存的沉积物会在较大冲击力下上翻，继而顺着水流流出模拟段排水管道，因此一个月后取下塞子盖，里面的沉积物为临近实验结束前几天内的食物粉碎残渣。

另外，使用食物垃圾处理器前，管道内壁上粘附的油脂油垢厚度在 1~2mm 左右，但粘附度较使用食物垃圾处理器后油脂粘附度大，油垢油脂更陈旧。使用食物垃圾处理器后，管道内壁上粘附的油脂油垢厚度较均匀，油垢油脂较新鲜，厚度也在 1~2mm 左右。使用食物垃圾处理器后管道内壁粘附的油垢油脂会受到较大冲击力下而剥落，一个月内油垢油脂处在不断的更新中，因此油垢油脂较新鲜。油脂厚度也在 1~2mm 左右。使用食物垃圾处理器前，排水管道中的油垢油脂来源仅限于刷洗菜盘时的油脂，因此管道内壁上的油垢油脂厚度不会太厚。使用食物垃圾处理器后，虽然管道内壁上的油垢油脂会受到较大的冲击力，但排入下水管道中食物垃圾大幅度增多，油垢油脂量也相应大幅度增加，因此油垢油脂仍会在管道内壁上保持一定的厚度。综上，油垢油脂厚度在使用食物垃圾处理器前后并未发生明显变化。可推想，在较长时间内，如一年或两年甚至更长时间，未使用食物垃圾处理器时，弯管下方塞子盖中的沉积物及管道内壁上的油垢油脂会不断积累，逐渐增厚增多；而使用食物垃圾处理器后，沉积物及油垢油脂都在不断的更新中，质量和厚度即使会有所增加，但大体上也会保持在实验中的数据左右波动，因此，使用食物垃圾处理器有可能克服使用食物垃圾处理器前油脂油垢造成的管道堵塞问题。

由实验数据推算可知，使用食物垃圾处理器前，平均每户弯管塞子盖内沉积物的质量增量为 3.10g/天，37.20g/年，四年之后，质量增量为 148.80g,几乎充满了整个塞子盖。十年增量则为 3720g，远大于塞子盖净重 150.20g，此时有超出塞子盖负荷的危险，有可能导致塞子盖涨裂，造成污水外溢，污染室内环境卫生。

小结

依据理论分析，结合相关的实验验证，针对用户的不同操作习惯，记录一个月内 5 户家庭的食物垃圾经食物垃圾处理器粉碎前后弯管塞子盖及其内部沉积物的重量，并观察实验过程中及实验结束时弯管塞子盖中沉积物和管道内壁上的油垢油脂的变化情况，得出如下结论：

(1)使用食物垃圾处理器后，SS 虽大幅度增加，但通常最大颗粒直径 $\leq 5\text{mm}$ ，油脂平均厚度大约在 1~2mm 左右，而目前一般家庭排水管道直径通常为 75~110mm，最小直径 $\geq 50\text{mm}$ ，即使将油脂厚度和悬浮物颗粒最大直径均考虑在内，亦不会对下水道造成堵塞。此外，即使在食物垃圾处理器普及率达到 100%时，食物垃圾处理器出水进入合流制或改造后的合流制后会被大量水所稀释，SS 浓度大幅度降低，亦不会对小区整体排水系统造成堵塞。

(2)食物垃圾处理器的使用不会单个家庭室内排水系统造成堵塞隐患。使用食物垃圾处理器前，短期内单个家庭室内排水系统不存在堵塞问题，但存在堵塞隐患，如：大块食物垃圾穿过洗涤池中的排水

漏网（如漏网故障或用户洗菜时忘记放漏网）进入排水系统从而造成管道堵塞，食物垃圾处理器的使用则会杜绝此类隐患。

(3) 从长远来看，使用食物垃圾处理器能够解决沉积物和油脂油垢造成的管道堵塞问题。使用食物垃圾处理器前，弯管内沉积物和管道内壁上的油垢油脂会随时间推移越积越厚，最终造成管道堵塞。使用食物垃圾处理器后，也会在弯管内产生沉积物和在管道内壁上的形成油垢油脂，但污水混合液的高速流动会形成较大的冲击力，使沉积物和油垢油脂处于不断更新中，从而保持其质量和厚度在固定的数值附近波动，不会因为时间累积而产生管道堵塞问题。

(4)未使用食物垃圾处理器时，若排水系统运行时间过长，弯管底部塞子盖内沉积物质量过大，会导致塞子盖涨裂，造成污水外溢，污染室内环境卫生。而使用食物垃圾处理器后，弯管底部塞子盖内沉积物质量始终平均每户每月 2.5g 附近波动，不存在上述塞子盖涨裂导致的卫生隐患。因此使用食物垃圾处理器对单个家庭室内排水系统的排水通畅及室内卫生会有一定的贡献。

3 食物垃圾处理器对上海生活污水水质的影响

3.1 人均污染物排放增量

表 3-13 污染物浓度增量

项目	NH ₃ -N	TP	TN	SS	VSS	可沉降 SS	溶解性 COD	可沉降 COD	BOD ₅
浓度 (mg/L)	65	31.1	92	2516	1518	997	3570	1660	2618

通过对上述家庭新增用水量水质的实验室分析，得出一户三口之

家使用食品垃圾处理器后，一天的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、TN、SS、VSS、可沉降 SS、溶解性 COD，可沉降 COD 及 BOD_5 的浓度及排放增量如表 3-13、表 3-14 所示。

表 3-14 人均污染物排放增量

项目	$\text{NH}_3\text{-N}$	TP	TN	SS	VSS	可沉降 SS	溶解性 COD	可沉降 COD	BOD_5
含量(g/d)	0.6	0.3	0.9	23.4	14.1	9.3	33.2	15.5	24.4

由表 3-14 可知，使用食物垃圾处理器导致的人均 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、TN 排放增量较小，而 SS、COD、 BOD_5 增量较大，这主要与食物垃圾有机质含量高有关。目前，上海市的排水管网多采用的是合流制或改造过的合流制，因此大部分污水处理厂进水都是经过大量水稀释的，使得 COD、 BOD_5 浓度很低，属于低碳源进水，营养比例失调，需要外加碳源，采用食品垃圾处理器后处理餐厨垃圾后，污水 COD 浓度有了显著提高，减少了污水厂需补充外加碳源的费用。

3.2 上海市污染物浓度增量

表 3-15 不同普及率下上海市污染物排放增量 (t/d)

项目 普及率	$\text{NH}_3\text{-N}$	TP	TN	SS	VSS	可沉降 SS	溶解性 COD	可沉降 COD	BOD_5
1%	0.10	0.05	0.15	3.98	2.40	1.58	5.65	2.63	4.15
5%	0.52	0.25	0.73	19.92	12.02	7.89	28.26	13.14	20.73
10%	1.03	0.49	1.46	39.84	24.05	15.79	56.52	26.28	41.45

100%	10.34	4.92	14.63	398.40	240.47	157.86	565.24	262.78	414.54
------	-------	------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

2010 年上海常住人口为 1700 万，污水实际处理量约 520 万吨/天。当食品垃圾处理器普及率达到 1%、5%、10%、100%时，上海污水中污染物增量及浓度增量如表 3-15、表 3-16 所示。

目前上海市的 COD 日排放量为 722t/d，食物垃圾处理器普及率为 10%时 COD 增量为 56.52+26.28=82.8 t/d，为目前上海市的 COD 日排放量的 12%，增值较大。而上海市 NH₃-N 日排放量为 62 t/d，食物垃圾处理器普及率 10%时 NH₃-N 增量为 1.03t/d，为目前上海市的 NH₃-N 日排放量的 2%，几乎可以忽略不计。可见，食物垃圾处理器的普及对上海市污染物总量的影响主要在有机物及悬浮固体方面，对 NH₃-N、TP 等影响很小。

表 3-16 中的数据表明，食物垃圾处理器的普及使上海污水处理厂的进水污染物浓度有不同程度的增加，NH₃-N、TP、TN 浓度增量较小，SS、COD、及 BOD₅ 相对增量较大，这与食物垃圾中有机物含量高有关。

表 3-16 不同普及率下上海市污染物浓度增量(mg/L)

项目	NH ₃ -N	TP	TN	SS	VSS	可沉降 SS	溶解性 COD	可沉降 COD	BOD ₅
1%	0.02	0.01	0.03	0.77	0.46	0.30	1.09	0.51	0.80
5%	0.10	0.05	0.14	3.82	2.31	1.52	5.43	2.52	3.98
10%	0.20	0.09	0.28	7.64	4.61	3.03	10.84	5.04	7.95

100%	1.93	0.92	2.73	74.35	44.88	29.46	105.49	49.04	77.36
------	------	------	------	-------	-------	-------	--------	-------	-------

3.3 污染物排放增量与污水厂污染物富余处理量对比分析

未使用食物垃圾处理器时的水质以上海白龙港污水处理厂为例。白龙港污水处理厂是上海市最大的污水处理厂，其规模为 172 万 m³/d，服务面积 271.7 km²，进水水质如表 3-17 所示：

表 3-17 上海白龙港污水处理厂进水水质（mg/L）

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TP	TN
实际进水水质	290	124	80	25	4.3	34
设计进水水质	320	130	170	30	5	42

由于上海白龙港污水处理厂实际进水浓度小于设计进水浓度，故其实际污染物处理量小于设计处理量，由表 3-15 可知，食品垃圾处理器的普及会增加污染物排放总量，当此排放总量≤污水处理厂的富余处理量时，食物垃圾处理器的普及不会对上海污水处理厂造成冲击。经计算可得，白龙港污水处理厂污染物富余处理量如表 3-18 所示。

表 3-18 上海白龙港污水处理厂污染物富余处理量（t/d）

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TP	TN
总量	51.6	10.3	154.8	8.6	1.2	13.8

当食物垃圾处理器的使用造成的污染物排放增量等于污水厂污染物富余处理量时，食物垃圾处理器普及率如表 3-19 所示。

表 3-19 食物垃圾处理器普及率（%）

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TP	TN
普及率	6.23	2.49	38.86	83.20	24.47	94.06

由表 3-19 可见，当食物垃圾处理器普及率 $>2.49\%$ 时，BOD₅排放量即超出设计值，但 BOD₅浓度的升高有利于改善生活污水的营养比例，提高其生物处理性能，总体来说利大于弊。

3.4 食物垃圾处理器使用前后污水厂进水水质对比分析

若污水处理厂进水水质如上海白龙港污水处理厂所示，则使用了食物垃圾处理器之后，污水厂实际进水水质如表 11 所示，食物垃圾处理器普及率 10%时污水厂进水浓度与污水厂设计进水浓度比较结果如图 3-3 所示。

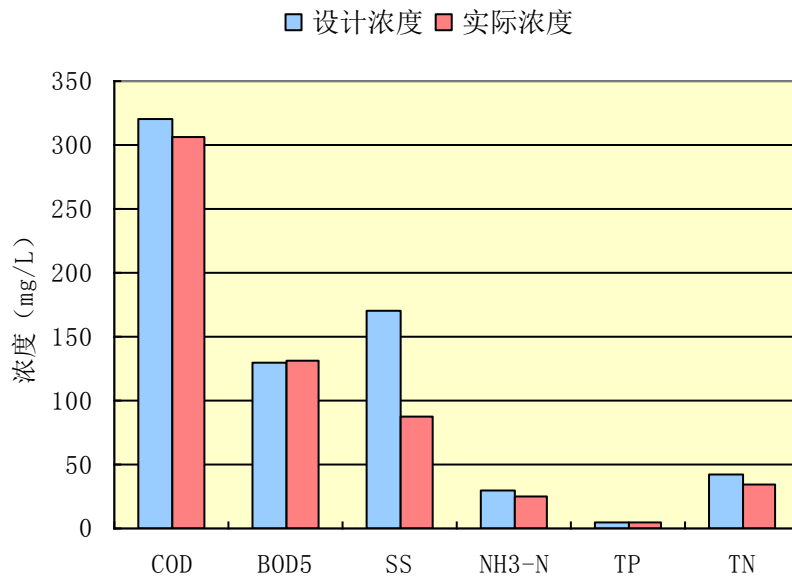


图 3-3 食物垃圾处理器普及率 10%时污水厂进水浓度与设计浓度比较

综合表 3-17、表 3-20 可知，假设由食物垃圾处理器的使用引起的管网中污染物增量全部排入市政污水处理厂，虽然食物垃圾处理器

的普及会使上海污水处理厂的进水污染物浓度有不同程度的增加，然而由于污水处理厂的平均进水污染物浓度低于其设计浓度，所以当食物垃圾处理器普及率为 10% 时，除 BOD_5 略高于设计浓度外，其余污染物进水浓度仍然低于污水厂设计值，由此可得出结论，食物垃圾处理器的普及率小于 10% 时，上海城市污水厂进水水质污染物浓度指标仍在污水厂设计水质浓度允许范围之内，食物垃圾处理器在普及率小于 10% 不会对污水处理系统造成冲击。

表 3-20 使用食物垃圾处理器后污水厂进水水质

普及率	0%	1%		5%		10%		100%	
	浓度 (mg/L)	浓度 (mg/L)	增加 %	浓度 (mg/L)	增加 %	浓度 (mg/L)	增加 %	浓度 (mg/L)	增加 %
COD	290	292	0.55	298	2.67	306	5.19	445	34.76
BOD_5	124	125	0.64	128	3.11	132	6.03	201	38.42
SS	80	81	0.95	84	4.56	88	8.72	154	48.17
$\text{NH}_3\text{-N}$	25	25	0.08	25	0.40	25	0.79	27	7.17
TP	4.3	4.3	0.23	4.4	1.15	4.4	2.05	5	17.62
TN	34	34	0.09	34	0.41	34	0.82	37	7.43

当普及率大于 10% 时，污水的 BOD_5 浓度将超过污水处理厂设计浓度，由于此时污水的 COD 和 BOD_5 污染物排放曾量已大于其富裕容量(见表 10)，因此，普及率大于 10% 时污水有机负荷将对污水处理系统造成冲击，而 SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 和 TN 仍在设计容量允许范围内。

3.5 食物垃圾处理器对污水厂污水生物处理性能的影响

在用活性污泥法处理污水时，为了让微生物更好的工作和繁殖，需要一个良好的培养环境，包括营养物质，温度，pH 值等，其中营养物质主要指碳源，氮源和含磷无机盐。通常认为活性污泥法处理污水时进水 BOD: N: P=100: 5: 1 为宜。若 N, P 偏高，容易造成富营养化；如果 N, P 偏低，微生物不能充分利用碳源合成细胞物质，过量的碳源（能量）将被转化为多糖类以便储存。上海市污水处理厂 BOD₅: N=3.65, BOD₅: N=28.84, BOD₅ 浓度过低，需外加碳源。而食品垃圾中有机物含量高，提高了污水中 BOD₅ 的浓度。

使用食品垃圾处理器普及率为 0%、1%、5%、10%、100%时，进水 BOD/ N、BOD/P 如表 3-21 所示：

表 3-21 不同普及率下上海市污水进水 BOD₅/ N、BOD₅/P 比值

普及率 项目	0%	1%	5%	10%	100%
BOD ₅ /N	3.65	3.67	3.75	3.85	5.48
BOD ₅ /P	28.84	28.96	29.42	30.06	38.57

由表 3-21 可知，食物垃圾处理器的普及使污水中 BOD₅ 浓度升高，从而提高了污水中 BOD₅/ N、BOD₅/P 的比值。当食物垃圾处理器普及率为 100%时，污水中 BOD₅/ N 由 3.6 增至 5.48， BOD₅/ P 由 28.84 增至 38.57。因此，从达到污水生物处理最佳营养比例的角度考虑，食物垃圾处理器的大范围推广将有利于改善生活污水的营养比例，提高其生物处理性能。

小结

(1) 上海市生活污水主要污染物指标如： $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、TN、SS、COD、 BOD_5 等，在食品垃圾处理器大规模推广后均有较明显的上升，但由于目前污水厂进水水质污染物浓度均大大低于设计浓度，在食物垃圾处理器普及率小于 10% 时，上海城市污水厂进水水质污染物浓度指标仍在污水厂设计水质浓度允许范围之类，不会对污水处理系统造成很大冲击；普及率大于 10% 时，污水有机负荷将对污水处理系统造成冲击，而 SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 和 TN 仍在设计容量允许范围内。

(2) 目前，上海市的排水管网多采用的是合流制或改造过的合流制，因此大部分污水处理厂进水都是经过大量水稀释的，使得 COD、 BOD_5 浓度很低，属于低碳源进水，营养比例失调，采用食品垃圾处理器后处理餐厨垃圾后，污水 COD 浓度有了显著提高，减少了污水厂需补充外加碳源的费用。且当普及率为 100% 时， BOD_5/N 由 3.6 增至 5.48， BOD_5/P 由 28.84 增至 38.57，相对原污水来说更接近 $\text{BOD}_5:\text{N}:\text{P}=100:5:1$ 的营养比例，将有利于提高污水的生物处理性能。

4 食物垃圾处理器对上海城市污泥量及产沼性能的影响

4.1 污泥量的变化

由 1 可知，当食品垃圾处理器普及率达到 1%、5%、10%、100% 时，上海污水排放量将分别增加 0.158、0.792、1.583、15.833 万吨/天，且污水中的 COD 浓度有了很大的提高，而污水厂每天产生的污泥量与污水厂进水流量及污水中 COD 值息息相关。故食品垃圾处理

器的普及必然会影响污水处理厂每天产生的污泥量。

根据经验数值，溶解性 COD 产泥率为 3:1，即 1 吨溶解性 COD 有 1/3 会转化为污泥，而可沉降 COD 产泥率为 3:2，即 1 吨可沉降 COD 有 2/3 会转化为污泥。则当食品垃圾处理器普及率达到 1%、5%、10%、100%时，上海每天新增污泥量及污泥总量变化如表 3-22、表 3-23 所示。

表 3-22 上海新增污泥量(含水率 80%)(t/d)

项目 普及率	溶解性 COD	可沉降 COD	污泥量 (含水率 80%)
1%	5.65	2.63	18.18
5%	28.26	13.14	90.90
10%	56.52	26.28	181.80
100%	565.24	262.78	1818.01

表 3-23 上海污泥总量(含水率 80%)(t/d)

普及率	0%	1%		5%		10%		100%	
	负荷	负荷	增加%	负荷	增加%	负荷	增加%	负荷	增加%
污泥量	4300	4318	0.42	4391	2.07	4482	4.06	6118	29.72

由表 3-22 可见，当食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100% 时，上海新增污泥量为 18.18、90.90、181.80、1818.01 吨/天（含水率 80%），对比目前上海市城市污泥产量为 4300 吨/天（含水率 80%），食物垃圾处理器的普及增加了污泥量，从而增加了因处理污泥产生的

产沼量。

4.2 污泥厌氧消化性能的变化

污泥的厌氧消化分为三个阶段：

第一个阶段为水解发酵阶段。在该阶段，复杂的有机物在厌氧菌胞外酶的作用下，首先被分解成简单的有机物，继而这些简单的有机物在产酸菌的作用下经过厌氧发酵和氧化转化成乙酸、丙酸、丁酸等脂肪酸和醇类等。参与这个阶段的水解发酵菌主要是转型厌氧菌和兼性厌氧菌。

第二个阶段为产氢产乙酸阶段，在该阶段，产氢产乙酸菌把除乙酸、甲烷、甲醇以外的第一阶段产生的中间产物，如丙酸、丁酸等脂肪酸和醇类等转化为乙酸和氢，并有 CO_2 产生。

第三阶段为产甲烷阶段。在该阶段中，产甲烷菌把第一阶段和第二阶段产生的乙酸、 H_2 和 CO_2 等转化为甲烷。

与好氧法相比，厌氧处理对污水中 N、P 的含量要求低，有资料报导，只要达到 $\text{COD:N:P}=800:5:1$ 即可满足厌氧处理的营养要求。但一般来讲，要求 C/N 达到 $(10\sim20):1$ 为宜。如 C/N 比太高，细胞的氮量不足，消化液的缓冲能力低，PH 容易降低；C/N 比太低，氮量过多，PH 可能上升，铵盐容易积累，会抑制消化进程。

食品垃圾处理器不同普及率情况下污水中 COD/N 如表 3-24 所示。

表 3-24 食品垃圾处理器不同普及率下污水 COD/N

普及率 项目	0%	1%	5%	10%	100%
COD/N	8.53	8.57	8.73	8.92	12.10

由此可见，食品垃圾处理器的普及提高了污水的 COD/N，更有利于污泥厌氧消化产沼的进行。且当食品垃圾处理器普及率为 100% 时，污水 COD/N 由 8.53 升至 12.10，进而改善污泥的营养比例，更有利于污泥的厌氧消化过程。

4.3 污泥产沼量的变化

FWD 普及率分别为 1%、5%、10%、100% 时，上海污水处理厂新增干污泥量分别为 3.6、18.2、36.4、363.6t/d，VSS 含量为干污泥量的 65%， Δ VSS 含量为 VSS 的 40%，每千克 Δ VSS 产生 0.8 m³ 的沼气，故在 FWD 普及率分别为 10% 时，上海新增沼气体量为 $36.4 \times 65\% \times 40\% \times 1000 \times 0.8 = 7563 \text{ m}^3/\text{d}$ ，故在 FWD 不同普及率下上海新增沼气体量如表 3-25 所示。

表 3-25 上海污水处理厂新增沼气体量

项目 普及率	干污泥量 (t/d)	VSS (t/d)	Δ VSS (t/d)	沼气体量 (m ³ /d)	发电量 (度/d)	折合发电 收益 (万元/d)
1%	3.6	2.4	0.9	756	1361	0.08
5%	18.2	11.8	4.7	3782	6807	0.42
10%	36.4	23.6	9.5	7563	13613	0.84
100%	363.6	236.3	94.5	75629	136132	8.40

由表 3-25 可见，使用食品垃圾处理器后污泥产沼潜力巨大，当普及率达到 100%时，每天增加的沼气量为 $7.56 \times 10^4 \text{m}^3$ 。一立方米沼气大约能发 1.8 度电，故当食物垃圾处理器普及率达到 1%、5%、10%、100%时，上海可通过污泥厌氧产沼新增发电量分别为 1361、6806、13613、136132 度/d，折合电费分别为 0.08、0.42、0.84、8.40 万元/d。

4.4 上海城市污泥厌氧消化工艺应用现状及规划

目前，随着污水厂的不断新建、改建、扩建，相应的污泥处理设施也不断完善，随着第四轮环保计划（2009~2011 年）的实施，水环境治理与保护专项中嘉定安亭污泥处理工程、南汇污泥处理工程等项目已完成。青草沙水源地建设工程和西干线改造工程进展顺利，竹园污水处理厂升级改造工程和白龙港污水处理厂污泥处置正按计划节点施工。

目前，化学一级加强污水处理厂污泥厌氧消化工艺已应用在白龙港和竹园污泥厌氧消化工程的工程可行性研究报告，目前这两个工可报告已得到国家发改委的批复，这两个百万吨级的污水处理厂污泥厌氧消化工程一旦建成，将可处理上海市约一半的污水污泥。用厌氧消化工艺处理白龙港和竹园两厂的化学一级加强污泥，是焚烧、好氧发酵、填埋等几种处理工艺中最现实而经济的处理方法。由于两厂规模大，日污水处理量都在 100 万吨以上，累计将可处理上海市约一半的污水污泥，经济效益明显，与好氧发酵工艺相比，可节约 5000 多万。

其中，上海市白龙港城市污水处理厂污泥处理工程是上海 APL 二期世行贷款项目。工程的处理对象为 200 万 m³/d 污水处理厂（白龙港城市污水处理厂）产生的化学、初沉及剩余污泥。工程总投资约 7 亿，属世界上罕见的超大型污泥处理项目。污泥厌氧消化产生的沼气用于干化，而污泥干化所回收的热量又作为附加能源用于加热消化污泥。由此使得污泥干化做到能源自给，不使用外来能源。在污泥稳定化、无害化、减量化的处理过程中最大限度地利用污泥自身蕴涵的能量，做到节能减排。干化处理后的污泥可用作园林绿化培土，是污泥资源化的有益尝试。本工程污泥浓缩、脱水部分已于 2008 年 6 月投入运营，污泥厌氧消化、干化部分计划于 2010 年底完工。

目前，白龙港污泥处理工程八座蛋形消化池中的最后一座主体结构混凝土已浇筑完成，进入全面设备安装阶段。工程建成后，将对白龙港污水厂每天处理 200 万立方米污水中产生的污泥采用浓缩、消化、脱水、干化处理，其设计污泥处理能力近期规模为每天 204 吨干污泥，污泥消化产生的每天约 4.5 万立方米沼气，可作为供热能源循环利用于系统本身的干化等阶段。在整个白龙港污泥处理过程中，最大限度地利用污泥自身蕴涵的能量，实现节能降耗，节约处理成本。工程建成后，上海中心城区污水厂约 50% 的污泥将得到有效处理。

目前日处理 150 吨干污泥的竹园污泥处理工程也正在紧锣密鼓地建设中，等到 2013 年初，白龙港、竹园二大污泥处理工程建成正式投运，上海中心城区污水厂的污泥将有望全部得到有效处置。

由此可见，上海市对于污水厂污泥的处置已开始往厌氧发酵产沼方向引导，正大力推广污泥厌氧消化技术。因此，食物垃圾处理器的推广所产生的新增城市污泥不但不会对当前污泥处理设施造成冲击，相反，将有利于污泥厌氧产沼工艺的推广。

小结

(1) 由于食物垃圾处理器的使用会提高污水处理厂进水流量及水中 COD 浓度，而污水厂每天产生的污泥量与上述两因素息息相关，故食物垃圾处理器的普及必然会影响污水处理厂每天产生的污泥量。经实验结果及推算可知，当食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100% 时，上海新增污泥量为 18.2、90.9、181.8、1818 吨/天（含水率 80%）。

(2) 污泥厌氧消化产沼要求 C/N 达到（10~20）: 1 为宜，而上海污水处理厂进水 C/N 过低，而食物垃圾处理器的普及提高了污水的 C/N，进而改善了污泥的营养比例，更有利于污泥的厌氧消化过程。

(3) 由于食物垃圾处理器的使用会使上海污水处理厂的污泥量有所增加，故其普及也会对污水厂污泥产沼量产生一定的影响。计算可得，当食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100% 时，上海可通过污泥厌氧产沼新增沼气量分别为 756、3782、7563、75629m³/d，这部分沼气可使上海每天增加发电量为 1361、6806、13613、136132 度/d，折合电费分别为 0.08、0.42、0.84、8.40 万元/d。

(4) 上海市对于污水厂污泥的处置已开始往厌氧发酵产沼方向

引导，正大力推广污泥厌氧消化技术。白龙港、竹园二大污泥厌氧处理工程正在建设中。因此， 食物垃圾处理器的推广所产生的新增城市污泥不但不会对当前污泥处理设施造成冲击，相反，将有利于污泥厌氧产沼工艺的推广。

5 结论

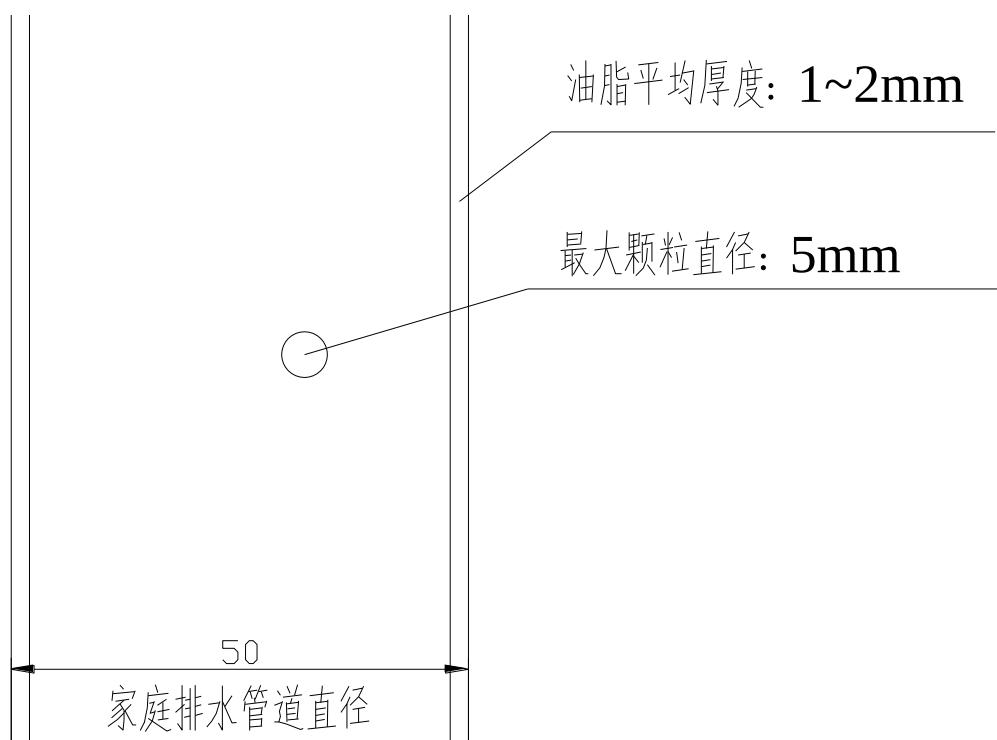
为评估食物垃圾处理器对上海生活污水水量、水质、城市污泥量及产沼潜力的影响，项目组在前期调研的基础上进行了实验研究，主要评估结论如下：

(1)使用食物垃圾处理器后居民人均用水量仅增加 4.45%，居民水费增加 0.02 元/(人·天)，几乎可以忽略不计；食品垃圾处理器的耗电量为 0.119 度/(人·天)，折合电费（按照上海电费 0.617 元/千瓦时计算）0.073 元/(人·天)。

	人均用水量增量	居民水费增量	耗电量	折合电费
使用食物垃圾处理器后	4.45%	0.02 元/(人·天)	0.119 度/(人·天)	0.073 元/(人·天)

(2)食品垃圾处理器的普及率对整个上海市污水排放总量的影响极小，即使在普及率为 100%的情况下，每天增加的污水量也远低于上海市污水处理厂 166 万吨/天的富余容量。故其普及并不会给上海市污水处理带来额外的负担及影响。

(3)使用食物垃圾处理器后，SS 虽大幅度增加，但通常最大颗粒直径≤5mm，油脂平均厚度大约在 1~2mm 左右，而目前一般家庭排水管道直径通常为 75~110mm，最小直径≥50mm，即使将油脂厚度和悬浮物颗粒最大直径均考虑在内，亦不会对下水道造成堵塞。



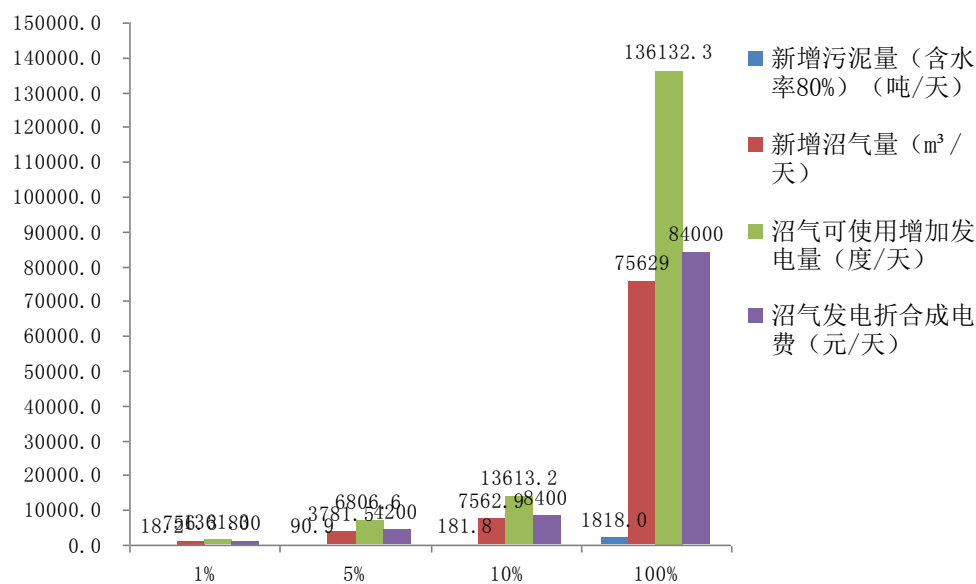
(4)食物垃圾处理器的使用不会对单个家庭室内排水系统造成堵塞隐患，且从长远来看，使用食物垃圾处理器能够解决沉积物和油脂油垢造成的管道堵塞问题。且能够杜绝由于沉积物过多造成的塞子盖胀裂问题。

(5) 食物垃圾处理器普及率小于 10% 时，上海城市污水厂进水水质污染物浓度指标($\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、TN、SS、COD、 BOD_5)仍在污水厂设计水质浓度允许范围之内，不会对污水处理系统造成冲击；普及率大于 10% 时污水有机负荷将对污水处理系统造成冲击，而 SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 和 TN 仍在设计容量允许范围内。

(6)上海污水处理厂 COD, BOD_5 浓度很低，属于低碳源进水，营养比例失调，而食物垃圾处理器的普及提高了污水的 C/N，进而改善了污泥的营养比例，更有利于污泥的厌氧消化过程。

(7) 食物垃圾处理器的普及将提高上海污水处理厂的污泥量，当

食物垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100%时，上海新增污泥量为 18.2、90.9、181.8、1818 吨/天（含水率 80%），污泥厌氧处理可新增沼气量分别为 756、3782、7563、75629m³/d，这部分沼气可使上海每天增加发电量为 1361、6806、13613、136132 度/d，折合电费分别为 0.08、0.42、0.84、8.40 万元/d。



(8)上海市对于污水厂污泥的处置已开始往厌氧发酵产沼方向引导，正大力推广污泥厌氧消化技术。白龙港、竹园二大污泥厌氧处理工程正在建设中。因此，食物垃圾处理器的推广所产生的新增城市污泥不但不会对当前污泥处理设施造成冲击，相反，将有利于污泥厌氧产沼工艺的推广。

综上所述，由于食物垃圾处理器普及率小于 10%时，上海城市污水厂进水水质污染物浓度指标仍在污水厂设计水质浓度允许范围之内，不会对污水处理系统造成冲击；普及率大于 10%时污水有机负

荷将对污水处理系统造成冲击，而 SS、NH₃-N、TP 和 TN 仍在设计容量允许范围内。故保守建议，认为食物垃圾处理器在上海的普及率应控制在 10% 以下，在其普及率为 10% 时，上海污水排放增量为 1.58 万 t/d；污水中 COD、BOD₅、SS、NH₃-N、TP 浓度分别为 306、132、88、25、4.4mg/L；新增污泥量为 181.8 t/d，这部分污泥厌氧产沼处理可新增沼气量 7563 m³/d，若这部分沼气全部用来发电，则可新增发电量 13613 度/天，折合电费收益 0.84 万元/天。

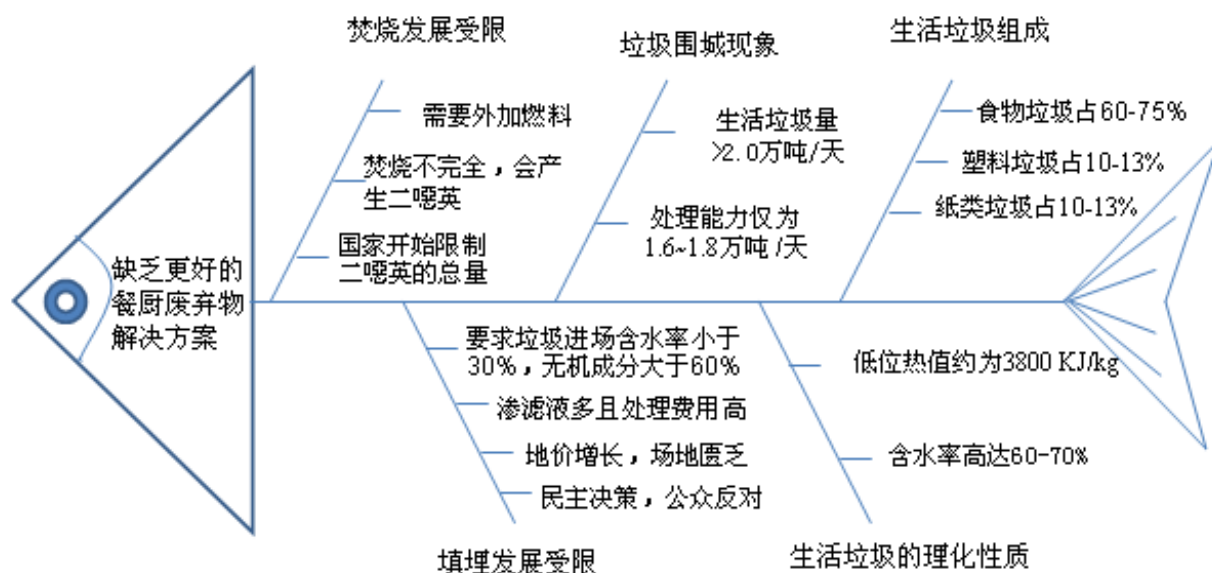
四、主旨报告

本报告实验所用食物垃圾处理器设备为艾默生公司提供的爱适易食物垃圾处理器。

本报告通过开展调研、实验分析对在上海推广使用食物垃圾处理器带来的收益和可能出现的问题，得出以下结论：

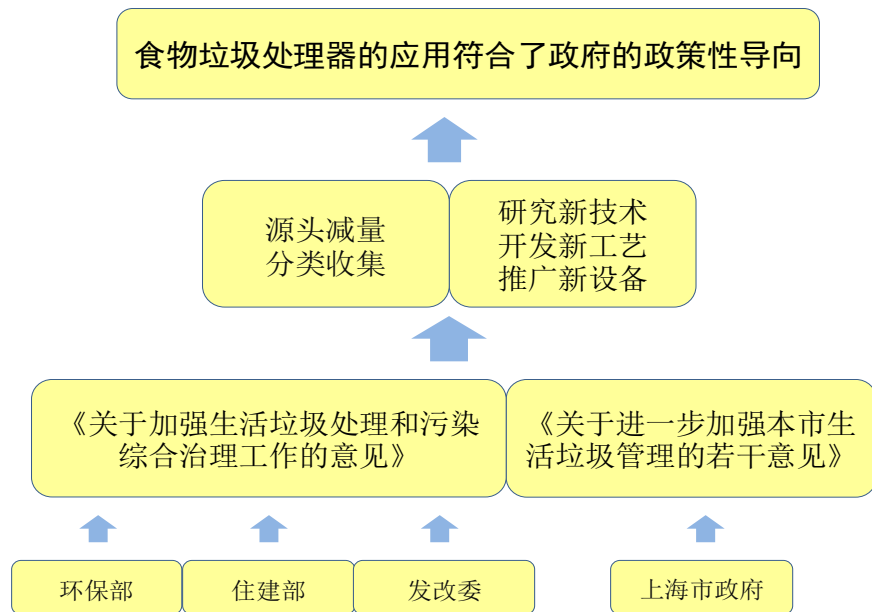
1. 上海市生活垃圾源头分类质量不高,对分类收集体系缺乏监督机制和经济激励手段,分类收集效率较低。而食物垃圾处理器的推广能够实现垃圾分流,方便垃圾的分类投放,提高垃圾分类处理工作的效率,从而提高垃圾管理水平,推动垃圾分类处理回收利用的技术发展,逐步解决我国生活垃圾难处理的问题。

上海市垃圾处理处置现状

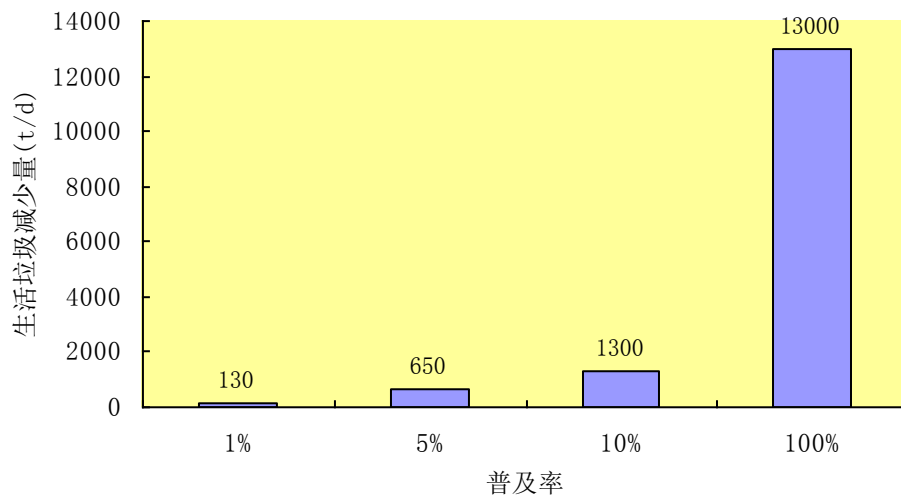


根据环保部、住建部、发改委联合发布的文件《关于加强生活垃圾处理和污染综合治理工作的意见》的精神和上海市政府发布的《关于进一步加强本市生活垃圾管理的若干意见》的精神，食物垃圾处理器的推广使用可以帮助实现源头减量，分类收集，符合了政府的政策性导向。

政府的导向

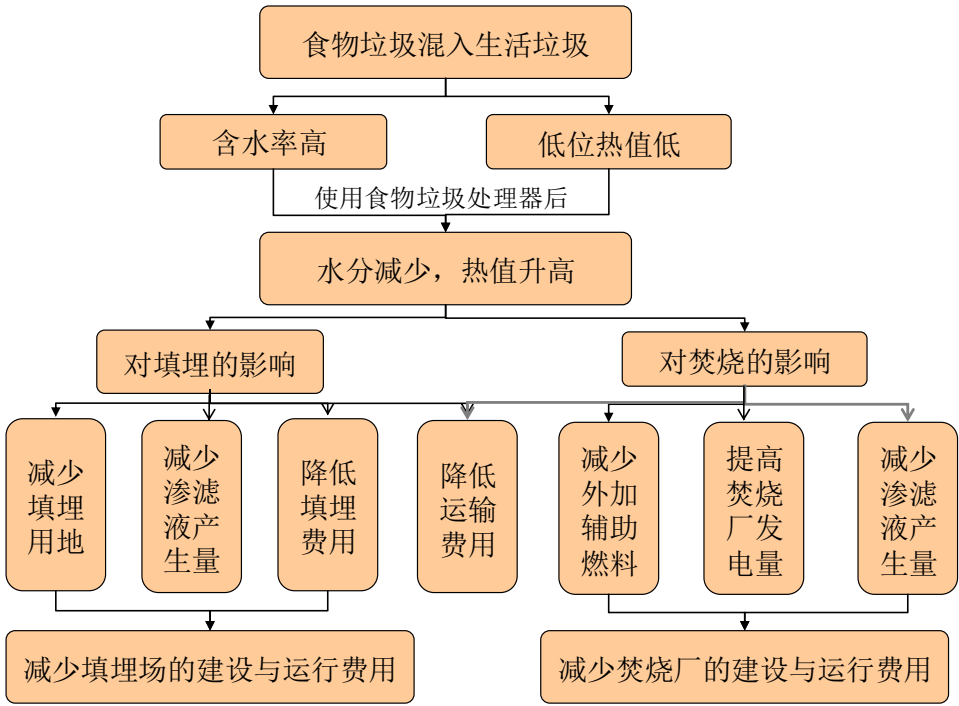


2. 食物垃圾处理器的普及有利于上海生活垃圾减量化的推进，减少了垃圾收运成本，节省了劳动力，当普及率为1%、5%、10%、100%时，生活垃圾减少量分别为130、650、1300、13000t/d。



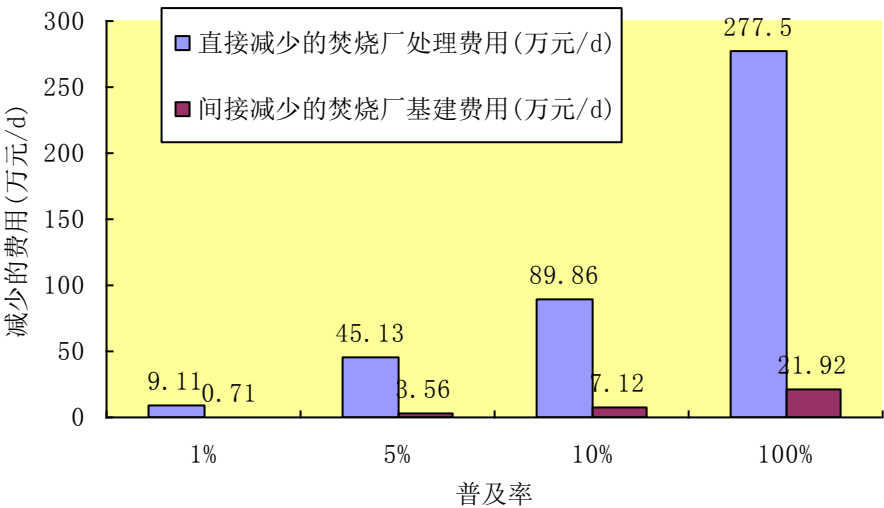
3. 上海生活垃圾含水率较高，低位热值较低，不符合垃圾焚烧及填埋的要求，而食物垃圾混入生活垃圾是导致上海生活垃圾高含水率、低热值的重要原因。使用食物垃圾处理器后，食物垃圾经粉碎后排入污水处理系统，使生活垃圾含水率有所降低，热值有所升高。

食物垃圾处理器对垃圾处理系统的影响——对垃圾理化性质的影响

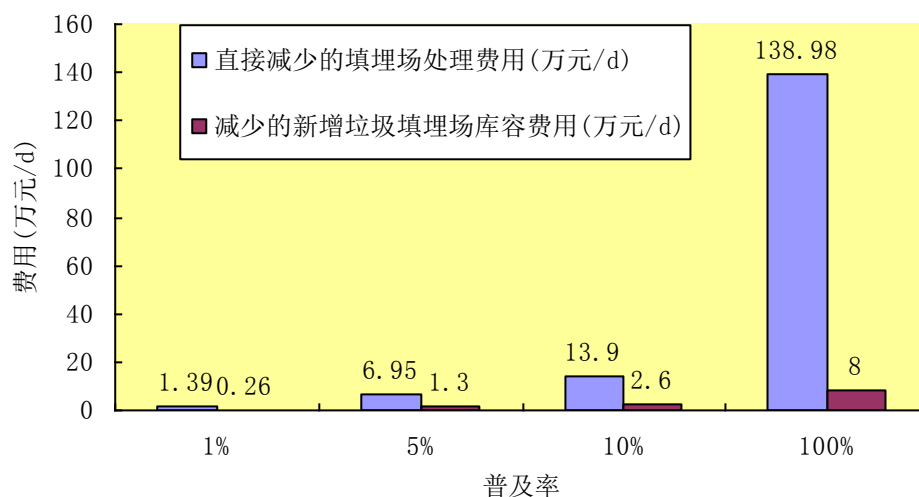


4. 食物垃圾处理器的普及提高了垃圾焚烧性能，减少了垃圾焚烧时外加辅助燃料用量，提高了焚烧厂发电量，减少了焚烧厂贮仓内的渗滤液产生量，提高了垃圾焚烧厂的收益。假设上海市产生的生活垃圾全部进行焚烧处理，根据目前约有 20%的生活垃圾未妥善处理的现状，在食品垃圾处理器普及率为 1%、5%、10%、100%时，每

天直接减少的垃圾焚烧厂处理费用分别为 9.11、45.13、89.86、277.50 万元，并可一次性节省新建焚烧厂投资 0.52、2.6、5.2、16 亿元人民币，折算为每天间接降低的焚烧厂基建费用分别为 0.71、3.56、7.12、21.92 万元。



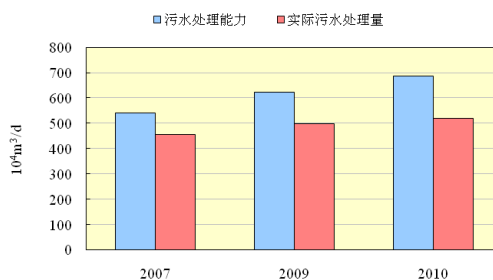
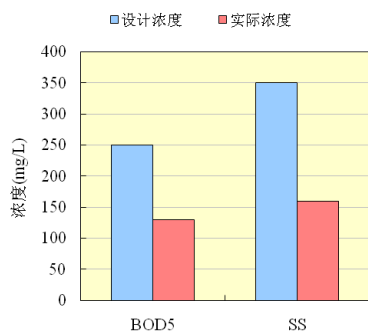
5. 食物垃圾处理器的普及减少了垃圾填埋场内的填埋用地量，减少了填埋垃圾渗滤液产生量，降低了垃圾填埋场的运行费用。假设生活生活垃圾全部用于填埋处理，当其普及率为 1%、5%、10%、100%时，每天直接降低的垃圾填埋场处理费用分别为 1.39、6.95、13.90、138.98 万元，间接减少的新增库容投资可折算成每天节省新增库容费用分别为 0.26、1.30、2.60、8.00 万元。



6. 当食物垃圾处理器普及率小于 10% 时，上海城市污水厂进水水质污染物浓度指标仍在污水厂设计水质浓度允许范围之内，不会对污水处理系统造成冲击；普及率大于 10% 时污水有机负荷将对污水处理系统造成冲击，而 SS、NH₃-N、TP 和 TN 仍在设计容量允许范围内。

食物垃圾处理器对污水处理系统的影响—上海污水处理概况

- 目前污水处理富余容量：25%
- 未来十年污水厂将继续改扩建



- 污染物实际明显浓度低于设计浓度

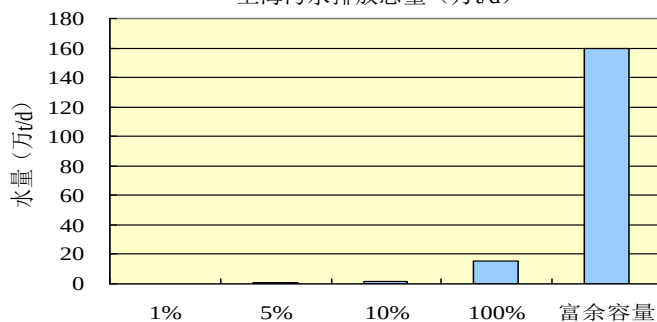
上海市污水处理系统具有较大富余容量

食物垃圾处理器对污水处理系统的影响—上海市污水水量

用水用电增量

	人均用水量增量	居民水费增量	耗电量	折合电费
使用FWD后	4.45%	0.02 元/(人·天)	0.119 度/(人·天)	0.073元/(人·天)

上海污水排放总量（万t/d）



食物垃圾处理器的使用对于用水量用电量、污水排放总量的影响
基本上可以忽略不计

故保守建议，认为食物垃圾处理器在上海的普及率应控制在**10%以下**，在其普及率为**10%**时，上海污水排放增量为**1.583 万 t/d**；污水中**COD、BOD₅、SS、NH₃-N、TP**浓度分别为**306、132、88、25、4.4mg/L**。

7. 上海污水处理厂**COD, BOD₅**浓度很低，属于低碳源进水，营养比例失调，而食物垃圾处理器的普及提高了污水的**C/N**，进而改善了污泥的营养比例，更有利于污泥的厌氧消化过程。

食物垃圾处理器对污水处理系统的影响—对上海生活污水水质的影响

不同普及率下上海市污水进水BOD₅/N、BOD₅/P比值

普及率 项目	0%	1%	5%	10%	100%
BOD ₅ /N	3.65	3.67	3.75	3.85	5.48
BOD ₅ /P	28.84	28.96	29.42	30.06	38.57

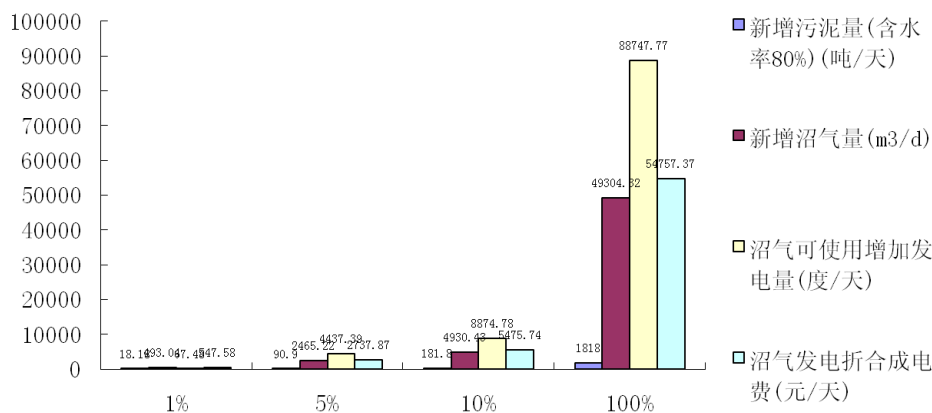
食品垃圾处理器不同普及率下污水COD/N

普及率 项目	0%	1%	5%	10%	100%
COD/N	8.53	8.57	8.73	8.92	12.10

污泥厌氧消化产沼要求C:N:P达到100:5:1为宜，而上海污水处理厂进水C:N和C:P均过低，而食物垃圾处理器的应与提高了污水的C:N和C:P，进而改善了污泥的营养比例，更有利于污泥的厌氧消化过程。

8. 新增污泥量为 181.8 t/d，这部分污泥厌氧产沼处理可新增沼气的量 7563 m³/d，若这部分沼气全部用来发电，则可新增发电量 13613 度/天，折合电费收益 0.84 万元/天。

食物垃圾处理器对污水处理系统的影响—对上海城市污泥量及产沼性能的影响



食物垃圾处理器的使用有利于改善城市污水厂的污泥产沼性能

9. 依据理论分析，结合相关的实验验证，针对用户的不同操作习惯，记录一个月内 5 户家庭的食物垃圾经食物垃圾处理器粉碎前后弯管塞子盖及其内部沉积物的重量，并观察实验过程中及实验结束时弯管塞子盖中沉积物和管道内壁上的油垢油脂的变化情况，得出如下结论：

(1)使用食物垃圾处理器后，SS 虽大幅度增加，但通常最大颗粒直径 $\leq 5\text{mm}$ ，油脂平均厚度大约在 $1\sim 2\text{mm}$ 左右，而目前一般家庭排水管道直径通常为 $75\sim 110\text{mm}$ ，最小直径 $\geq 50\text{mm}$ ，即使将油脂厚度和悬浮物颗粒最大直径均考虑在内，亦不会对下水道造成堵塞。此外，

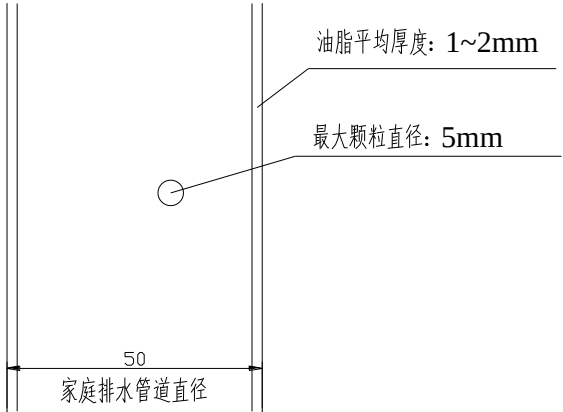
即使在食物垃圾处理器普及率达到 100%时，食物垃圾处理器出水进入合流制或改造后的合流制后会被大量水所稀释，SS 浓度大幅度降低，亦不会对小区整体排水系统造成堵塞。

(2)食物垃圾处理器的使用不会单个家庭室内排水系统造成堵塞隐患。使用食物垃圾处理器前，短期内单个家庭室内排水系统不存在堵塞问题，但存在堵塞隐患，如：大块食物垃圾穿过洗涤池中的排水漏网（如漏网故障或用户洗菜时忘记放漏网）进入排水系统从而造成管道堵塞，食物垃圾处理器的使用则会杜绝此类隐患。

食物垃圾处理器对污水处理系统的影响—对小区排水系统的的影响分析

食物垃圾处理器不同普及率与上海市污染物浓度增量(mg/L)的关系

项目 普及率	SS	VSS	可沉降SS
1%	0.77	0.46	0.30
5%	3.82	2.31	1.52
10%	7.64	4.61	3.03
100%	74.35	44.88	29.46



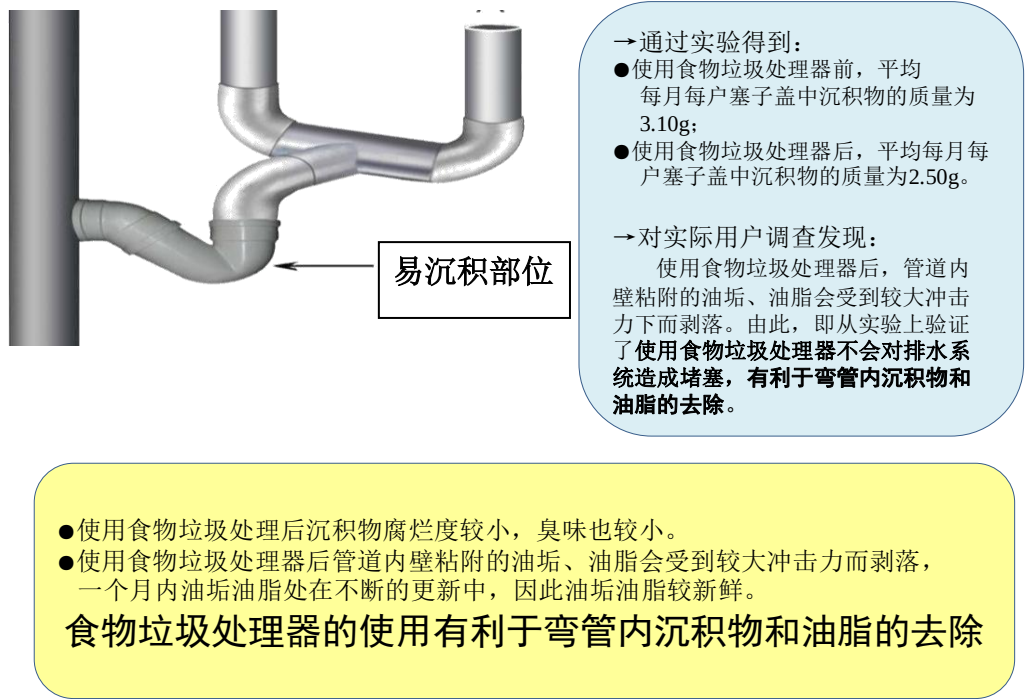
食物垃圾处理器普及率在1% - 10%之间时，对上海市排水系统造成的影响几乎可以忽略不计。食物垃圾处理器普及率达到100%，SS虽大幅增加，但如右图可见，即使油脂厚度和悬浮物颗粒最大直径均考虑在内，也不会对下水道造成堵塞隐患。

(3) 从长远来看，使用食物垃圾处理器能够解决沉积物和油脂油垢造成的管道堵塞问题。使用食物垃圾处理器前，弯管内沉积物和管

道内壁上的油垢油脂会随时间推移越积越厚，最终造成管道堵塞。使用食物垃圾处理器后，也会在弯管内产生沉积物和在管道内壁上的形成油垢油脂，但污水混合液的高速流动会形成较大的冲击力，使沉积物和油垢油脂处于不断更新中，从而保持其质量和厚度在固定的数值附近波动，不会因为时间累积而产生管道堵塞问题。

(4)未使用食物垃圾处理器时，若排水系统运行时间过长，弯管底部塞子盖内沉积物质量过大，会导致塞子盖涨裂，造成污水外溢，污染室内环境卫生。而使用食物垃圾处理器后，弯管底部塞子盖内沉积物质量始终平均每户每月 2.5g 附近波动，不存在上述塞子盖涨裂导致的卫生隐患。因此使用食物垃圾处理器对单个家庭室内排水系统的排水通畅及室内卫生会有一定的贡献。

食物垃圾处理器对污水处理系统的影响——对单个家庭排水系统的影响分析



总结



食物垃圾处理器的使用有什么好处？

- 实现垃圾分流，有利于上海生活垃圾减量化
- 使生活垃圾含水率大幅降低，热值明显升高，易于后续处理处置
- 经济上显著减少了焚烧厂和填埋场的费用
- 环保上减少了垃圾处理中有害物质(渗滤液、二噁英等)的排放
- 可以提高污水的C:N、C:P比，进而改善了污泥的营养比例
- 可以改善城市污水处理厂的污泥产沼性能
- 有利于国家和地方节能减排、产能减碳目标的实现

总结



食物垃圾处理器的使用存在什么隐患吗？

用水量和用电量增加很大吗？



食物垃圾处理器的使用对于用水量用电量、污水排放总量的影响很小。

下水道会堵塞吗？



使用食物垃圾处理器不会对排水系统造成堵塞风险。

排放的污染物质会不会超过城市污水处理厂的负荷呢？



食物垃圾处理器的普及率控制在10%以内时，上海城市污水厂进水水质污染物浓度指标仍在污水厂设计水质浓度允许范围之内，不会对污水处理系统造成冲击。而上海的城市污水处理事业是在不断发展和进步的，且现有的食物垃圾处理器普及率很低，0.1%还不到，因而在可预计的将来不会超过城市污水处理厂的运行负荷。

建议：

面对“垃圾围城”的调整，如何找到行之有效的解决方法？这是目前热烈探讨的话题。

通过以上的实验调研论证，我们认为，推广使用食物垃圾处理器是一种比较好的解决方法之一，这种方法有益于目前的填埋垃圾的减量和分类，有益于焚烧的热值提高和减少二噁英的排放，与政府的环境保护导向相一致，帮助提升处理垃圾的主要方法的质量和成本节省，对市政排污系统造成的影响微小可控，对于单个家庭的用电用水的增量很少，不会造成下水管道油脂和杂质沉积。

纵观全局，我们建议政府在新建小区可以优先推广使用食物垃圾处理器，来解决目前“垃圾围城”的问题。

放眼未来，随着环境保护的国际化趋势和国内生态城的崛起，类似白龙港厌氧处理的污水处理厂也会成为城市污水处理的主力，这对于在城市中广泛推广食物垃圾处理器奠定了基础，也将真正实现“变废为宝，垃圾变能源”的环保目标。



食物垃圾处理器在上海这样一个特大型城市中推广普及，将明显降低生活垃圾的产生量和含水率，减碳效益显著，建议政府宣传引导。



食物垃圾处理器的普及可以为上海市的垃圾处理系统带来巨大的经济效益和环保效益，建议有关政府部门可以考虑专题研究并逐步试点、推广。



建议在新建小区和采用分质供排水系统的生态社区中优先推广应用。食物垃圾处理器也符合了未来城市污水处理系统发展的方向。

附 1 上海市主要垃圾处理处置设施

1.1 老港废弃物处置场(一、二、三期)

废弃物老港处置场是上海市政府为上海市区面临的生活垃圾产量逐年增多而出路日益困难这一不断加剧的矛盾而决策兴建的。它位于距上海市东南约 60 公里的东海之滨，地处市郊南汇区境内，北与长江口相连，南距杭州湾 20 公里，占地面积 4.1 平方公里，是由不断淤涨延伸的滩涂经围堤而成。始建于 1985 年，1991 年 4 月第一期工程竣工并通过市级验收，正式投产，总投资 10494 万元，设计日处置生活垃圾 3000 吨。1992 年底起又实施第二期工程，同时上马建设垃圾渗滤液处理设施，于 1996 年 9 月竣工并通过市级验收，总投资 5676 万元，设计日处置生活垃圾 6000 吨。1998 年起又实施了第三期改扩建工程，总投资 16000 万元，于 2000 年建成，设计日处置生活垃圾 7500 吨。1989 年和 1990 年，老港填埋场连续两年被列为市府重大工程项目，一、二、三期工程总投资 3.2 亿元。它目前实际填埋处置量为 9000t/d，担负着上海市区约 70%生活垃圾的处置任务，处置负荷已达到原设计能力的 120%。

老港填埋场的工艺流程如图 1-1 所示。

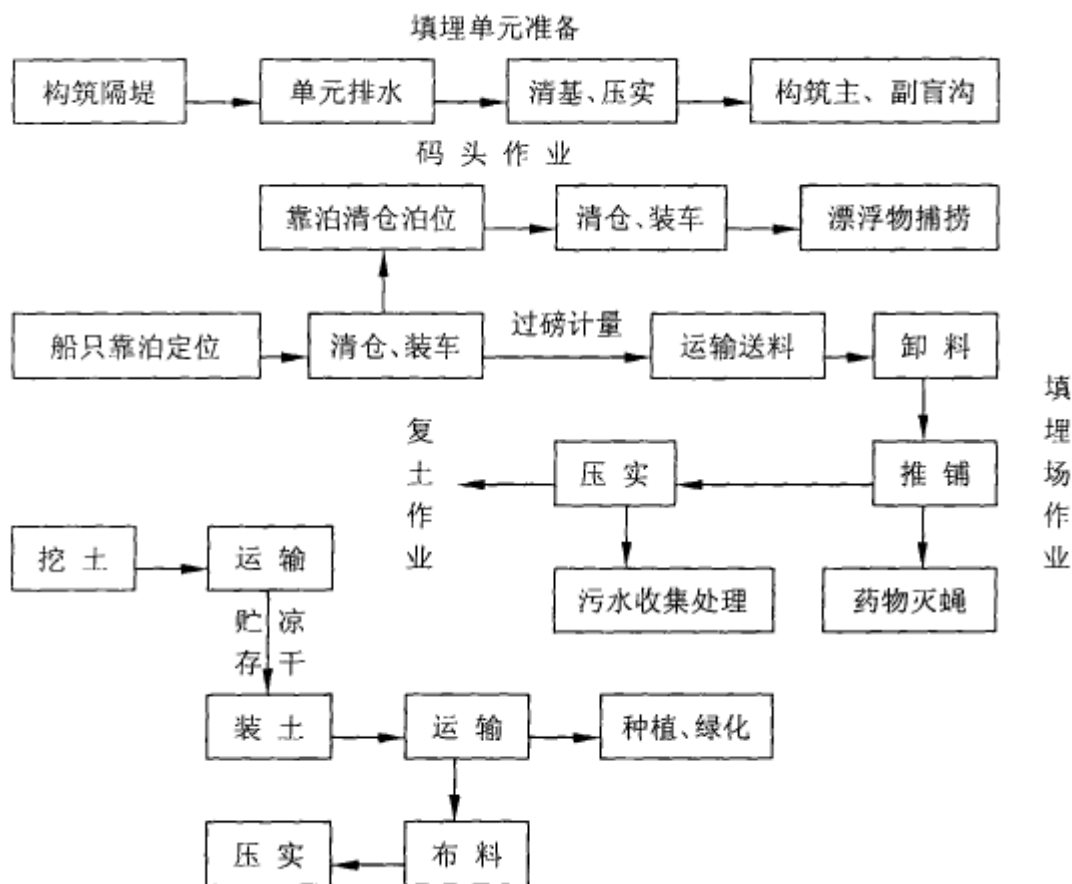


图 1-1 老港填埋场工艺流程

老港填埋场十多年的运行，保证了上海市垃圾无害化处理率，有效解决了上海近 2/3 的城市生活垃圾的卫生填埋。从原始的堆放管理，到集中卫生填埋，不仅节约了大量的人力、财力，而且为上海市每天产生的大量城市生活垃圾创造了一个永久性的消纳处置基地，在环境保护、卫生填埋方面的投入、科研投入和运行管理等方面有许多经验值得总结，同时对推动我国垃圾处置技术的进步与发展提供了良好的实际实践条件。

1.2 老港垃圾填埋场四期

为解决未来十余年全市生活垃圾的出路，老港填埋场进行第四期

工程扩建。位于东海滩涂边的老港生活垃圾卫生填埋场四期，占地面积约为 361 公顷(3.3 平方公里)，为我国最大的生活垃圾卫生填埋场，已于 2005 年 2 月 22 日投入试运行。老港四期工程由法国奥绿思集团设计施工，利用国际先进填埋技术，不但土地利用率翻一番，垃圾处理总量也大大超过预期。目前，设计库容已达 8000 万吨，可使用约 50 年，远超过填埋垃圾总量 2000 万吨、使用 20 年的招标要求。四期工程以卫生填埋场技术标准作为建设和运行的技术要求，对填埋作业区建设 HDPE 膜衬垫的人工防渗系统、雨污水分流系统、渗滤液处理系统；垃圾运输采用集装箱化方式；填埋作业采取分层压实、日覆盖、中间覆盖和堆坡填埋后的终场覆盖工艺；工程区域最终场地利用将规划建设生态型休闲公园。这个接轨国际先进技术和管理的卫生填埋场，每天处理生活垃圾达 6300 吨，还可利用填埋垃圾的沼气每吨发电 160 千瓦时。全部建成以后。

我国约 50%的城市生活垃圾经过处理，90%以上采用填埋法，绝大多数垃圾填埋场都存在处理工艺落后、管理粗放、二次污染严重等问题。垃圾渗沥液是填埋场最主要的危害环境因素，其有害物浓度是一般生活污水的几十倍甚至数倍，极难处理。上海老港四期从设计、建设、运营各环节减少渗滤液的产生，并通过填埋区底部铺设双层高密度聚乙烯防渗膜，有序导排处理，避免污染地下水。

垃圾填埋后厌氧发酵产生沼气也是环境再污染的顽疾，其温室效应是二氧化碳的 21 倍，老港四期采用高维填埋技术，可将沼气收集

发电。据计算，每吨填埋垃圾可产生沼气 145 立方米，集中收集后每立方米可发电 160 千瓦时，具有相当可观的附加经济效益。

1.3 浦东新区黎明生活垃圾应急填埋场

浦东新区黎明生活垃圾应急填埋场位于浦东新区龚路镇黎明村沿海滩地，原外高桥电厂粉煤灰堆场内，东西长 700m，南北宽 350m，占地 33 公顷。总填埋垃圾容量为 103 万吨，日填埋垃圾量为 1500 吨，共分 4 个填埋作业区，设计库容 $190 \times 10^4 \text{m}^3$ ，设计使用年限 3-4 年。自 1999 年建成运行以来，后期由于浦东御桥生活垃圾焚烧厂和垃圾生化处理厂先后建成运行，进场垃圾量大幅减少，至今已有 6 年，3 个填埋区已经完成填埋，剩下最小的第 4 个填埋区，预计剩余库容为 $40 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

黎明填埋场渗滤液处理系统从 2005 年 4 月起进入安装调试阶段，渗滤液处理站建于原污水处理站旁，面积约 4260 平方米。工艺流程如图 1-2 和图 1-3，主体工艺采用两套单级碟管式反渗透(230t/d 和 170t/d)，近期要求日处理 400t 时，两套系统并联使用;远期要求日处理 200t 时，两套串连使用，出水可以达到回用标准。碟管式反渗透由于其独特的开放式流道、短流程、湍流行的技术特点，使得设备对渗滤液的适应能力强，其处理效率不因渗滤液水质的变化而变化，出水水质稳定。

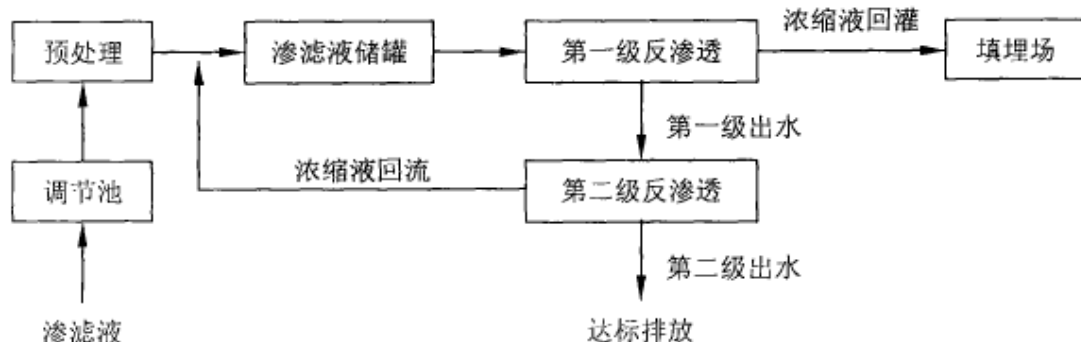


图 1-2 黎明填埋场渗滤液处理系统工艺流程

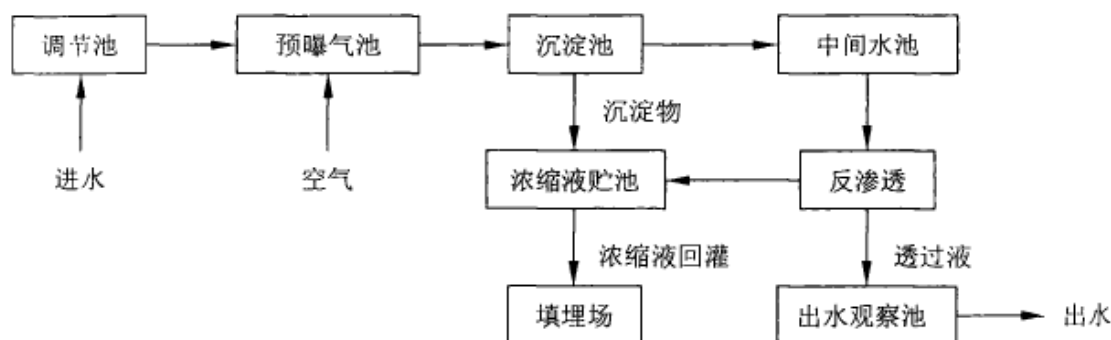


图 1-3 黎明填埋场渗滤液预处理工艺流程

黎明填埋场由于最初是作为御桥垃圾焚烧厂建设期内的临时填埋场，在污染防治方面没有采取严格的措施，污染状况已比较严重，不宜继续直接填埋原生垃圾。

1.4 浦东新区美商生活垃圾生化处理厂

浦东新区美商生活垃圾生化处理厂地处浦东新区东北黎明填埋场附近，是由美商集团投资、建设、营运和管理的上海第一座千吨级的生活垃圾堆肥处理厂。总投资 276 亿人民币，其中外商投资 249 亿人民币。生化处理厂生产厂区占地 120 亩，厂房建筑面积为 60858 平方米，其他建筑 4200 平方米。于 2002 年 5 月巧日开工，2003 年 5 月 8 日建成试运行，日处理生活垃圾 1000 吨。美商生活垃圾生化处

理厂的工艺流程如图 1-4 所示，主要由生物堆肥处理系统、机械自动分选系统和“三废”治理系统三部分组成。

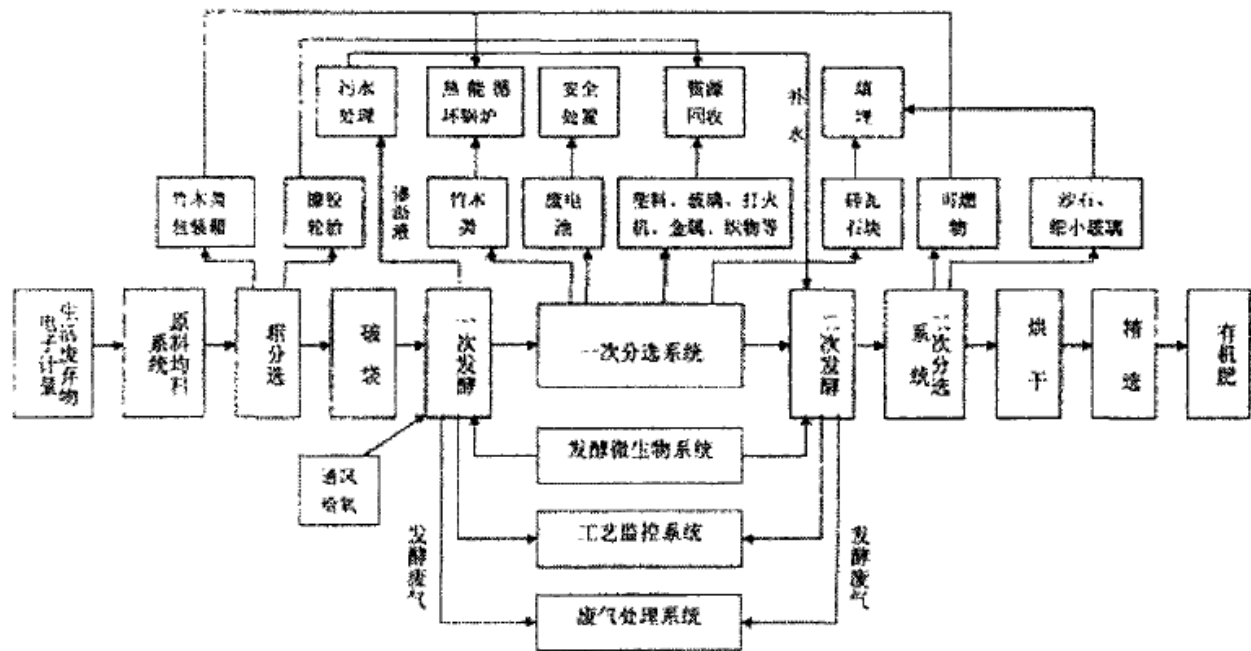


图 1-4 美商生活垃圾生化处理厂工艺流程

(1) 生物堆肥处理系统

根据垃圾的组成特点，美商集团开发了高温、好氧快速发酵的工艺路线，并通过从自然界的土壤里、高温肥堆里、腐烂的植物体中，筛选、驯化、纯化、组合菌种，培育了适合垃圾发酵的生物复合菌剂，并适时添加到发酵的不同阶段，这样不仅缩短了发酵时间，节约了成本，还消除了臭味，提高了有机肥的质量，最终使垃圾处理达到了无害化、减量化、资源化的目的。

(2) 机械自动分选系统

根据垃圾的形状、体积、比重、运到时速度碰撞的弹跳高度，结

合风力、重力、磁力、弹跳等分选技术，将金属、电池、打火机、木块、织物、纸张、塑料、砖石、玻璃等分选出来，分选效率达 95%以上，达到了垃圾资源回收的目的，实现了垃圾的资源化。

（3）“三废”治理系统

根据好氧、高温发酵堆肥的生产特点，控制污染源，进行废气收集，并针对废气的组分进行集中生化处理，达到环保排放标准后排放。

根据污水渗滤液的特点，通过污水收集系统，排入到污水生化处理池，进行集中生化处理后，用于二次堆肥发酵过程的水分调节，使垃圾渗滤液得到了循环利用。

针对生活垃圾中分离选出的不同固体废物，采用不同处理方法。将不可回收利用的无机废弃物进行填埋；分离出的有害污染物（如电池等）进行安全处理；天然性的可燃物如：竹木类等进行燃烧处理，无燃烧废气污染，燃烧灰分无害填埋，实现热能转换，为微生物扩培、发酵、烘干、等生产过程和职工生活提供热源，充分利用回收资源，节约能源，从而实现固体废物的无害化处理。

从整个城市的净化、绿化和美化角度出发，有机肥在城市的绿化和农田的基本建设中，地位日益重要。目前，浦东新区绿化使用的堆肥都取之于美商生活垃圾生化处理厂。

生活垃圾中含有丰富的有机质，经过长时间的高温发酵，有机质得到了较充分的降解，已经达到了无害化的要求，经筛分处理后，就可以得到大量的堆肥。从经济角度看，堆肥的生产过程就是将生活垃

圾化废为宝的过程，堆肥产品支持林业生产。塑料、玻璃等有用资源可回收利用，美商生活垃圾生化处理厂将从生活垃圾中分离出的塑料、玻璃、橡胶、打火机等资源卖掉，取得了可观的经济效应和社会效益。据调查，美商生活垃圾生化处理厂可年产有机肥 3.35 万吨，年回收塑料纸 255 万吨，各种硬塑料 365 吨，鞋类 91.25 吨，橡胶 365 吨，电池 109.5 吨，打火机 10.22 吨，编制袋 292 吨，玻璃 3650 吨，竹木类 3.65 万吨，织物类 1.825 万吨，牙膏皮 2.19 吨，金属 2190 吨。目前已累计生产有机肥 1.165 万吨，已经销售 9600 吨，销售收入 617.6 万元。随着城区分类收集和农村垃圾分流转运中心的相继建成，建立了废旧物资回收体系，形成了良好的废弃物利用的产业链。

1.5 浦东新区御桥生活垃圾焚烧发电厂

浦东新区御桥生活垃圾焚烧发电厂位于北蔡镇御桥工业小区内，占地面积 82165 平方米(即 123 亩)，于 2001 年 12 月 20 日起试运行，是我国第一座日处理千吨级的生活垃圾焚烧发电厂。总投资 6.98 亿元，其中法国政府混合贷款 3017 万美元，其余投资由银行贷款、地方债券、企业自筹构成。

御桥生活垃圾焚烧厂的工艺流程如图 1-5 所示。焚烧厂设置了三条焚烧生产线，每台焚烧炉生产能力为 15.2 吨/小时，日焚烧处置生活垃圾 1000 吨，年处置生活垃圾 36.5 万吨。利用焚烧生活垃圾产生的余热，由两台汽轮发电机发电，发电能力为 1.72 万千瓦，全年发电 1.37 亿度，其中 3021 度自用，1.07 亿度可向城市电网供电。

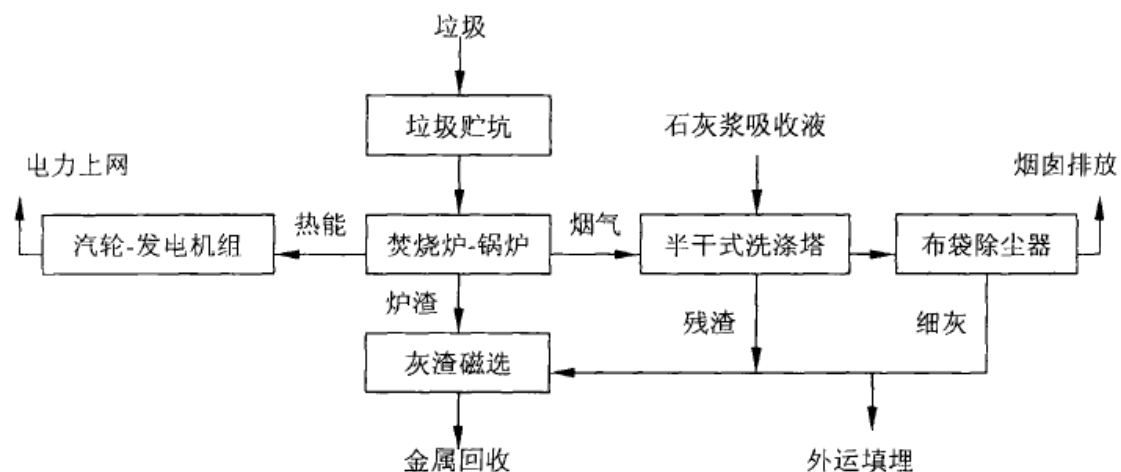


图 1-5 御桥生活垃圾焚烧厂工艺流程图

上海寰保渣业处置有限公司是专门处置御桥生活垃圾焚烧厂焚烧生活垃圾产生的炉渣的处置场。炉渣处置的工艺流程如图 1-6 所示。

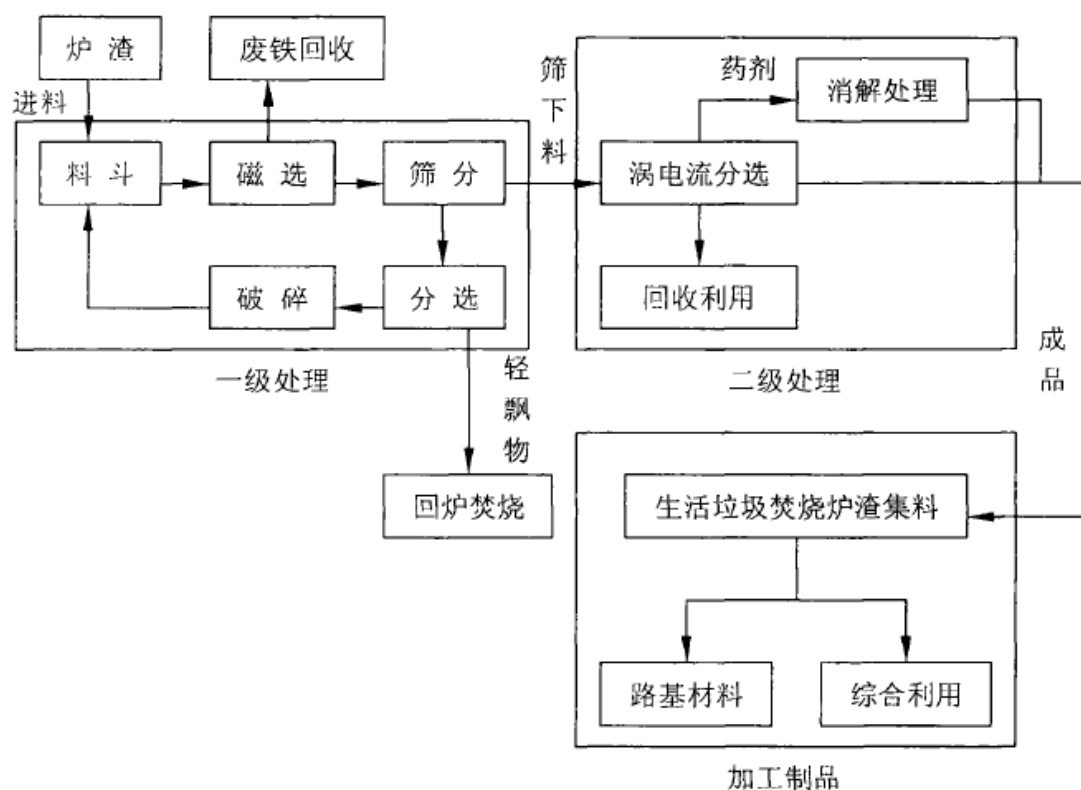


图 1-6 城市生活垃圾炉渣处置工艺流程

1.6 江桥生活垃圾焚烧厂

江桥生活垃圾焚烧厂位于嘉定区江桥镇建新村，占地 200 亩，总建筑面积 28000m²，日处理生活垃圾 1500 吨。江桥生活垃圾焚烧厂工艺流程由垃圾称重、卸料、储存系统、焚烧及锅炉热力系统、烟气净化系统、气轮发电系统、辅助工艺系统及自动控制等系统组成，生产线配置 3 台 500 吨旧焚烧炉和 2 台 12 兆瓦汽轮发电机组，即三炉二机。余热利用由国产汽轮发电机组发电上网，每年可发电上网约 1 亿度。

该项目工艺和关键设备从欧洲引进，焚烧炉采用德国液压顺推往复式炉排炉，余热锅炉采用西班牙悬吊式自然循环式锅炉，焚烧炉针对上海生活垃圾热值低、高含水量的特点专门设计，保证垃圾充分燃烧，烟气保证在炉内 850℃ 以上停留 2 秒钟，控制二恶英的产生。

烟气净化采用半干法石灰喷雾吸收、活性炭吸附和袋式除尘器三道处理过程，将烟气中的颗粒物和酸性气体及其他污染物有效去除，烟气排放执行欧盟 1992 年标准。其中二恶英为 0.1ng/Nm³，(我国标准的十分之一)，自动控制采用国际先进的集散控制(DCS)系统，由中央控制室对机、电、炉等全厂设备的安全、有效运行进行自动采集、控制和监视。

1.7 闵行生活垃圾焚烧厂

继御桥、江桥两座千吨级生活垃圾焚烧厂以后，又一座千吨级生活垃圾焚烧厂——闵行生活垃圾焚烧厂于 2005 年 1 月 7 日在闵行区华漕纪王镇奠基。占地 12.4 公顷(即 12.4 万平方米或 186 亩)，总建筑

面积为 51010 平方米（即 76.5 亩），投资 13.4 亿元，日处理生活垃圾 3000 吨。

闵行生活垃圾焚烧厂采用往复炉排炉焚烧方法，垃圾焚烧残渣和炉排漏灰进行综合利用。飞灰采用药剂处理的方式，将飞灰同处理剂进行混合，飞灰中易溶金属同处理剂中物质反应稳定化，进而固定在飞灰中，以此达到降低飞灰中有害成分析出的可能性。采用喷雾干燥吸收塔加袋式除尘器净化工艺控制 HCl、SO₂、HF 等有害气体和烟尘的排放，吸收剂采用石灰乳。采取渗滤液生物处理，先去除大部分可生化降解有机物，再经过絮凝沉淀处理后，达到上海市地方三级标准后纳入市政管网，到污水处理厂处理。全厂采用了全自动控制系统，由中央控制室对机、电、炉等全厂设备的运行进行自动采集、控制和监视。还配置了 2 台 25 兆瓦汽轮发电机组，将垃圾焚烧过程中产生的热量发电上网，年发电量 35500 万千瓦时，年外供电量 28600 万千瓦时。

附 2：上海市主要污水处理厂概况

2.1 石洞口污水处理厂

2.1.1 简况

处理厂位置

上海石洞口污水处理厂位于宝山区盛桥镇长江边，原西区污水总管出口处，东侧为石洞口煤气厂，西邻罗泾煤码头，北靠长江。处理厂规划用地面积 66117hm²，一期工程用地面积 2812hm²。

污水收集系统

利用已建成的西区污水总管收集城市污水，该总管长 2312km，设 5 座中途泵站，转输提升后进污水处理厂。污水收集范围，苏州河支流污水截流北片地区，宝山区，南翔镇以及市区西北部，按照市 2001 年污水规划，石洞口污水系统服务面积 79116km²，人口 93116 万，污水量 40 万 m³/d。

处理厂尾水排放点

经污水处理厂处理后，尾水达到一级排放标准后，采用岸边水下排放方式，排入长江。

2.1.2 工程规模及技术标准

工程规模

设计平均日污水量 40 万 m³/d，高峰污水量 61018 m³/s；现状污水量 19~24 万 m³/d。

污水水质

污水性质：分流制污水，其中工业废水约占 40 %，生活污水占 60 % ，进处理厂污水水质及处理厂出水水质见表 2-1。

表 2-1 污水处理厂进出水水质

项目	COD(mg/L)	BOD(mg/L)	SS(mg/L)	NH ₃ -N(mg/L)	TP(mg/L)
进水	400	200	250	30	4.5
出水	≤60	≤20	≤20	≤1	≤1

污泥处理及处置

采用浓缩、脱水、干化、焚烧方案，焚烧后灰外运填埋。

2.1.3 污水、污泥处理工艺

污水处理工艺流程(见图 2-1)

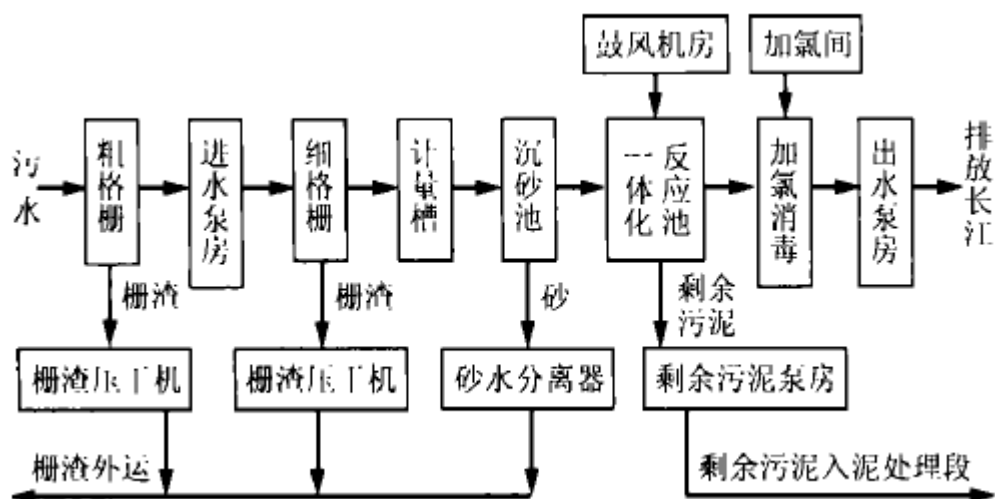


图 2-1 污水处理工艺流程

污水处理主要技术参数

污水处理主体构筑物为一体化反应池，即曝气/沉淀均在同一座水池中，生物除磷脱氮主要参数如下：

污泥负荷：0.11 kgBOD/ (kgMLSS d)；污泥浓度：4 kg/ m³ ；水力停留时间:15.9 h；反硝化率：0.047 kg-NO₃⁻-N/ (kgMLSS d) ；供氧量:133 000 kgO₂/d ；气水比：1：713。

沉淀部分的水力负荷：1113 m³/ (m² h) (斜板) ；出水堰负荷 1124 L/ (s m) 。

一体化反应池描述

一体化反应池共 4 座,每座分 3 槽，每槽由 3 格矩形水池组成，每格平面尺寸 35 m ×35 m，有效水深 6m，每格之间有 DN1000 管道连通，运行时，每 3 格可处理污水 3133 万 m³/ d。3 格水池底部均布置曝气扩散装置，搅拌设施，两边格上部布置斜板及出水槽。若左边格进水，经中间一格至右边格，该边格作沉淀池，处理水经斜板后出水，左边格及中间格按厌氧、缺氧、好氧顺序工作。经一周期后，从右边格进水，此时左边格作沉淀池，处理后出水，这样反复运行。与已建成的三槽式氧化沟运作情况相同。

污泥处理

污泥处理量：干泥 64t/d，采用污泥处理与处置工艺，见图 2-2。
污泥处理工艺主要设计参数下如下。

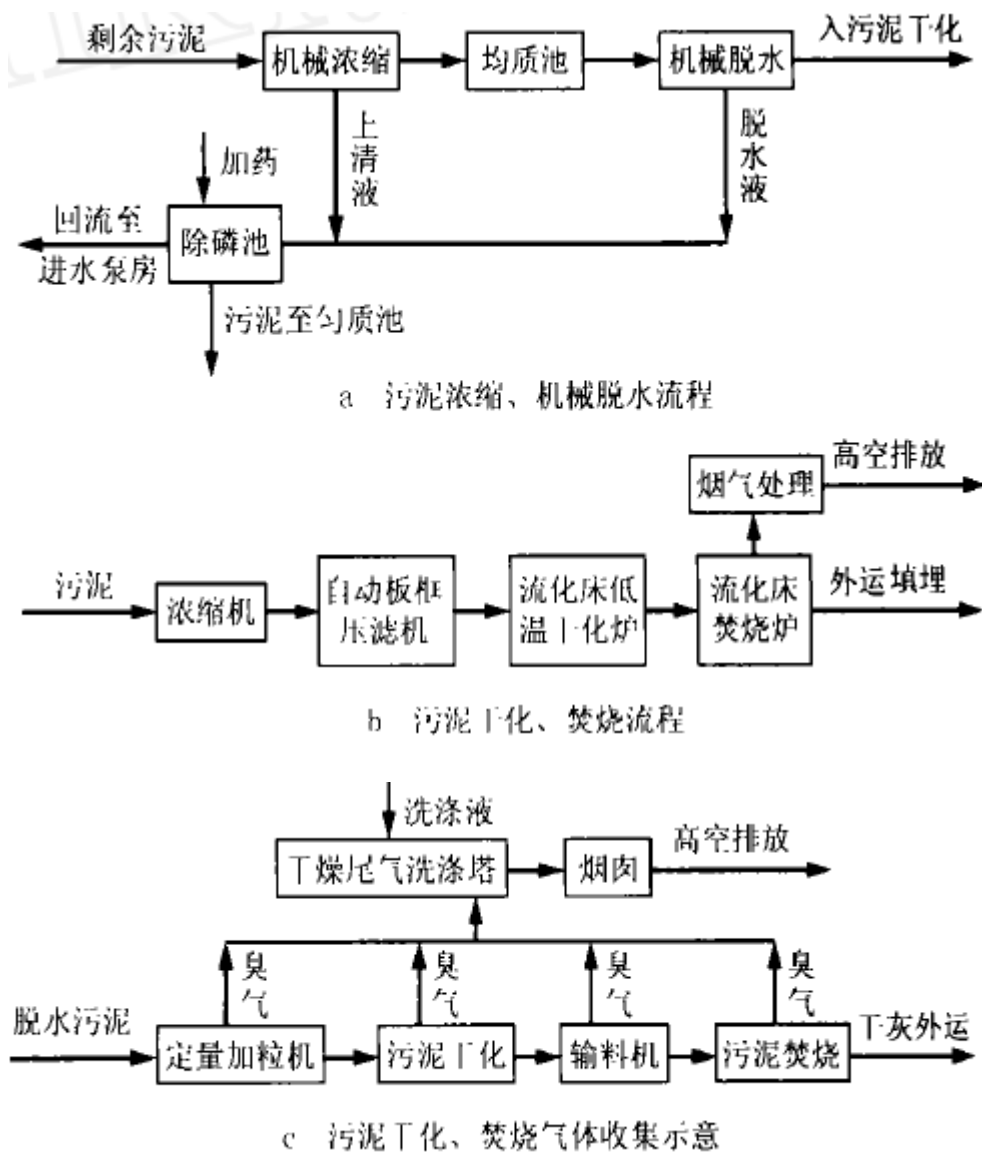


图 2-2 污泥处理与处置工艺流程

(1) 污泥浓缩机

选用螺旋压榨式污泥浓缩机 6 台(5 用 1 备)，单台工作能力 $60 \sim 100 \text{ m}^3/\text{h}$ ，功率 3 kW，工作 16 h/d，另带投药系统。

(2) 污泥脱水机

经比较选用带压榨机构的滤布固定式凹板型压滤机 2 套(1 用 1 备)，滤板尺寸 $115 \text{ m} \times 115 \text{ m}$ ，过滤面积 409 m^2 ，工作能力 $105 \text{ m}^3/\text{h}$ ，

进泥含水率 97 %，出泥含水率 75 %以下，另有投药系统。工作时间 22 h/ d。

(3)污泥干化与焚烧处理

污泥干化方式，采用流化床干化法，或盘式干化塔法，均系成套系统组成。主要由湿污泥进料及储存系统，湿污泥输送装置，破碎加料机，流化床干燥器或盘式干化塔，干污泥输送装置，干污泥储存器，混合器，惰性气体循环净化系统，以及蒸汽供应，冷凝水回收系统等组成。若以流化床干燥器为例，其技术规格为：水分蒸发能力 914 t/ h ，供应蒸汽参数为 112 MPa 饱和蒸汽 1218 t/ h。污泥焚烧装置，采用污泥循环流化床焚烧方法，本装置包括焚烧及余热回收系统，烟气净化排放系统和排渣出灰系统。来自干化装置的污泥，由干化污泥贮仓内，经计量泵送至焚烧炉中部，通过加料机加入到炉内，污泥进入炉内后，水分蒸发而发生爆裂，形成污泥碎屑，在流化状态下干燥进而开始燃烧，污泥放出的热量可以促使污泥稳定燃烧。进干化炉和焚烧炉污泥参数：处理量 64 t/d，湿泥 213 m³/ d，干化后污泥含水率为 10 %。湿泥含水率为 70 %，低位发热量 14188 MJ / kg。污泥干燥机 1 套。循环流化床焚烧炉 3 台，处理量必须保持在 50 %~100 %范围内正常运转，即 102~213 t/ d ，正常工作时间 8000 h。补充燃料(重油) 6818 kg/ h，单台燃烧空气量 16223 m³/ h，过量空气系数 113，单位烟气量(冷却后) 18096 m³/ h (标准状态)，单台出渣量 115 t/ h，燃烧温度 850~900℃，预热空气温度 650℃，最终排烟温度 163℃，灰渣排量 625 kg/

h. 运行消耗：电耗 731 kW, 重油 213 t/d , 浓度为 48%的 NaOH 溶液 9816 kg/h ,硅砂 115 t/d。

(4)污泥水处理

污泥浓缩、脱水产生的污泥水约 7744 m³/d, 采用投加石灰、沉淀处理工艺, 污泥水处理工艺流程见图 2-3。

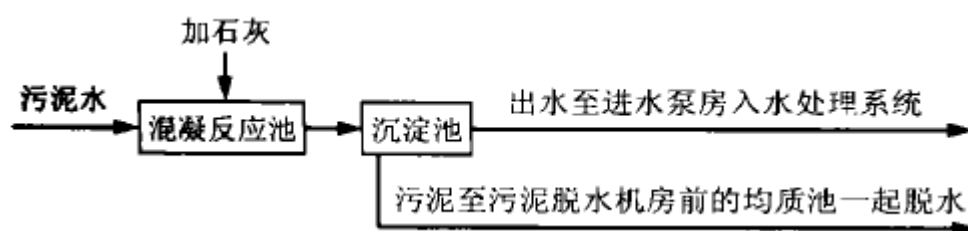


图 2-3 污泥水处理工艺流程

2.2 白龙港污水处理厂

2.2.1 工程简况

处理厂位置

上海白龙港污水处理厂位于浦东新区合庆乡东侧长江岸边, 该处已建白龙港预处理厂, 新厂扩建位于预处理厂北侧长江边, 总用地面积 120 hm²。

污水收集系统

主要包括市中心区、闵行区及浦东新区, 这些地区部分为合流制, 部分为分流制。上海污水二期系统已建成输送管道, 预处理厂以及污水排放管, 其规模为 172 万 m³/d, 服务面积 271.7 km², 人口 355.76 万, 考虑近期污水系统完善尚待时日, 故白龙港污水厂近期处理水量

为 120 万 m³/d。远期处理水量为 210 万 m³/d。

处理厂尾水排放点

上海市污水二期工程已建成白龙港污水排放管，直径 412 m，距岸 116 km，分点扩散排放。经处理后尾水达标排入已建污水扩散管，扩散自净。

2.2.2 工程规模及技术标准

工程规模

近期(本期设计): 平均旱流污水量 120 万 m³/d; 旱季高峰污水量 18106m³/s, 旱季最小污水量 8133m³/s, 雨季流量 21185 m³/s, 现状污水量 80 万~100 万 m³/d。按照 2001 年上海市污水规划, 本厂远期污水设计流量为旱季平均 210 万 m³/d, 旱季高峰 3016 m³/s, 雨季流量 3316 m³/s。

污水水质

其系统为部分合流制, 部分分流制, 进处理厂污水水质与出厂水质见表 2-2。

表 2-2 污水处理厂进出水水质

项目	COD(mg/L)	BOD(mg/L)	SS(mg/L)	NH ₃ -N(mg/L)	TP(mg/L)
进水	320	130	170	30	5
出水	≤180	≤70	≤40	≤30	≤1

污泥处理及处置目标

采用储泥池、脱水、卫生填埋，最终作绿化介质土，达到综合利用目的。

2.2.3 污水、污泥处理工艺

污水处理工艺 (见图 2-4)

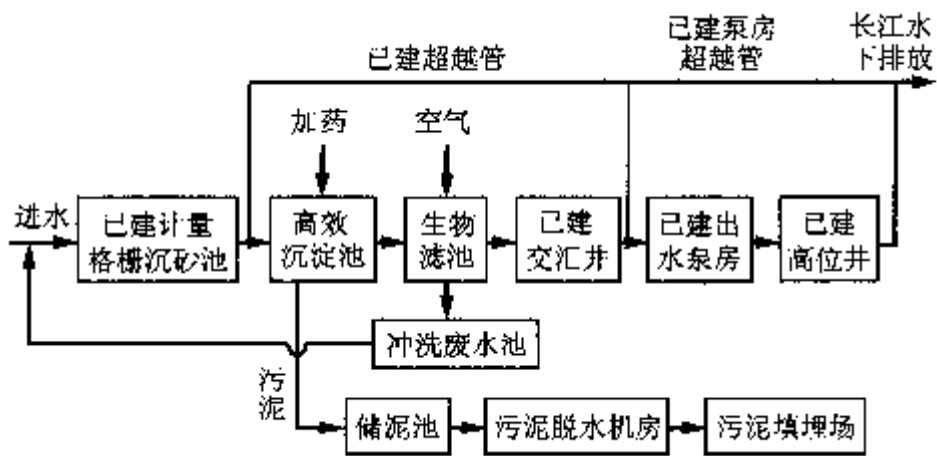


图 2-4 污水处理工艺流程

污水处理主要技术参数

为满足近期以除磷为目标的污水处理要求，同时考虑远期达到国家规定的二级排放标准，经方案比较推荐采用近期物化法，远期再增加曝气生物滤池工艺。由于处理厂用地面积有限，故物化法选用高效沉淀池布置方案。把混合、絮凝、沉淀 3 个工序合并在一个构筑物内，其主要参数如下。

混合时间：64 s,投药量 PAC 86 mg/L,PAM 0.5 mg/L；絮凝时间：14 min；高效沉淀池：表面负荷 $17 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ ，停留时间 50min，污泥回流比 4%。产生污泥量 197 t/d，含水率 97%，污泥量 $6930 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

高效沉淀池

高效沉淀池近期设 3 组，每组 6 只池。远期增加 2 组。每组处理水量约 42 万 m³/d (见图 2-5)。

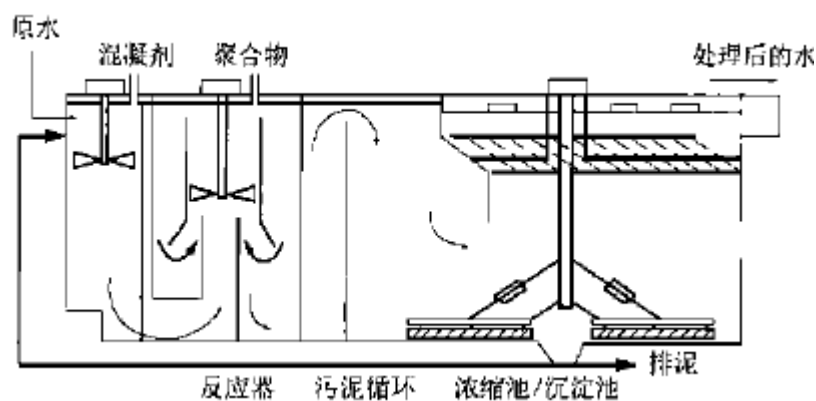


图 2-5 高效沉淀池工艺流程示意

每组具有独立反应单元,由混合区、絮凝区、推流反应区、沉淀区及污泥浓缩区组成。单池长 2519 m, 宽 17 m, 水深 813m, 容积 2407 m³, 停留时间 64 min。在沉淀区上部设斜板, 单池斜板面积 170 m², 混凝池单池容积 140m³, 尺寸 6m×312 m×713m。

混合区配置：500 混合搅拌机 18 套, 絮凝区配置：3600 絮凝搅拌机 18 套, 浓缩区配置：17 m 浓缩刮泥机 18 套, 剩余污泥泵 18 用 6 备, 回流污泥泵 18 用 6 备。另外, 设投药系统, 包括混凝剂化解、稀释、配比及投加, 用 PLC 控制。

污泥处理与处置

近期污泥处理量为 197t/d, 经方案比较后采用污泥储存→脱水→卫生填埋+综合利用方案。 主要污泥处理构筑物:

(1)污泥储存池。分 6 格，每格 13 m×13m，水深 4.5 m，每格设潜水搅拌机 2 台，污泥先进储存池再进脱水机房。

(2)污泥脱水机房。平面尺寸 13.3 m×27 m，二层式，设离心脱水机 4 用 1 备，单机容量 2600 kg/h，每天工作 20 h，另有投药设备 3 套。经离心脱水污泥，含水率约 65%，运往污泥填埋场处置。

(3)污泥堆棚。平面尺寸 36 m×27 m，可堆脱水泥约 7 d。

(4)污泥填埋场。利用厂区围堤内空白地块作为污泥填埋场，厂内面积约 27 hm²，厂外约 16 hm²，厂内及厂外填埋场分别各划分为 6 个填埋区域，最大一个填埋区约 5.5 hm²，用土堤分隔，隔堤上修单行车道，便于运送污泥。填埋场设垂直防渗帷幕，并设垂直与水平渗滤液收集系统及填埋气收集系统。每单元填满后采用封场作业。封场作业由 45 cm 植被层，PVC 防水膜，30 cm 排泥层组成。经过约 5 年堆置，该污泥腐熟化后，重新挖出作绿化用土，空余体积再埋填污泥，这样重复循环，达到污泥综合利用的目的。

中水回用

该厂经一级加强处理后的污水，确定 2500m³/d 规模作为中水回用，采用曝气生物滤池工艺，处理后达到中水水质标准，供厂内使用。

2.3 竹园第一污水处理厂

2.3.1 工程简况

处理厂位置

上海市竹园第一污水处理厂位置在浦东新区高东镇，已建合流污水竹园排放口预留污水处理厂厂址范围内。该地区在合流污水输水箱涵管南侧，海徐路、航津路以及长江大堤所围地区，占地 33179hm²。

污水收集系统

污水来自两个收集系统：一部分是已建合流污水一期总管收集系统，该系统为合流制，晴天时污水量 140 万 m³/d，雨天时合流污水量 45 m³/s，这部分合流污水，经预处理厂处理，即经粗、细格栅与沉砂池处理后，再由泵房提升，经压力输水箱涵送至处理厂；另一部分是外高桥地区分流制排水系统，污水量为 30 万 m³/d，由泵提升进污水处理厂。

这两部分污水量，晴天时总计为 170 万 m³/d，雨天时总计 49132 m³/s，服务面积 190 km²，人口 293 万。

处理厂尾水排放点

经污水处理厂处理后尾水，达到排放标准后排入长江边已建高位井，经 2 根直径 412mm，距岸边 1145 m 扩散管，多点排入长江。

2.3.2 工程规模与技术标准

工程规模

设计晴天平均污水量 170 万 m³/d，高峰污水量 25104 m³/s，雨天时设计流量 49132 m³/s，现状污水量 130 万 m³/d。

污水水质

污水大部分为合流制污水，其中生活污水占 70%。进出污水处理厂水质见表 2-3。

表 2-3 设计进出水水质（mg/L）

水质指标	CODcr	BOD5	SS	TP
进水	250	120	150	4
出水	≤150	≤60	≤60	≤1
去除率	≥40 %	≥50 %	≥60 %	≥75%

污泥处理及处置

采用浓缩、脱水后用汽车外运约 18 km 至白龙港污泥填埋场处置。

2.3.3 污水、污泥处理工艺

污水处理工艺

污水处理工艺见图 2-6 。

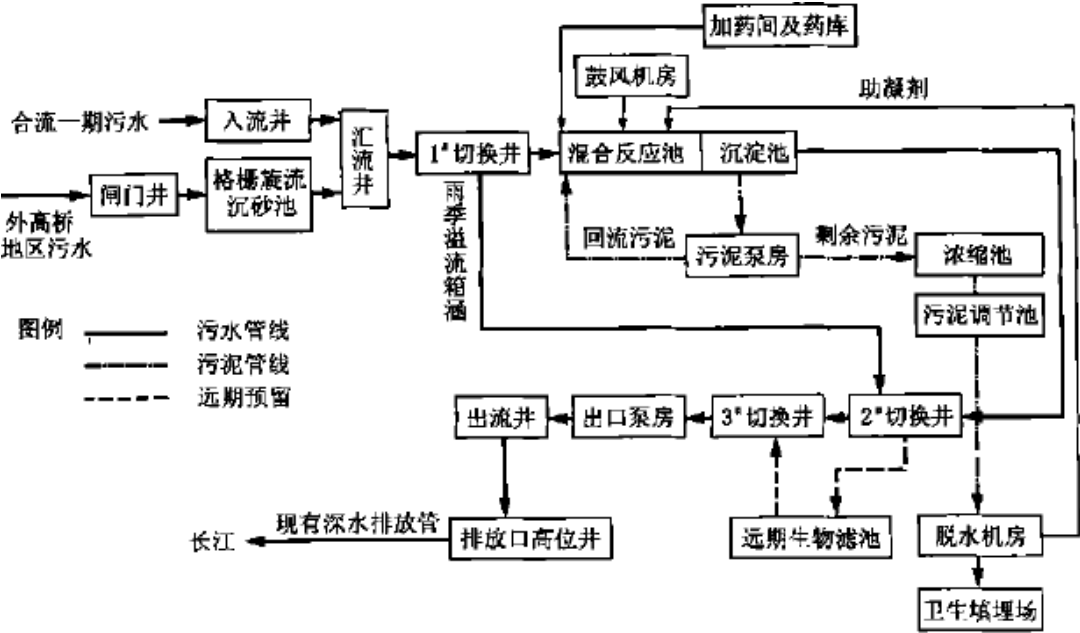


图 2-6 化学生物絮凝工艺流程

本工程由两部分来水，合流一期污水已经过粗细格栅及沉砂处理，外高桥地区污水先经格栅、沉砂池后与合流一期污水汇合，进化学生物絮凝处理工艺；雨天时，部分合流污水经切换井溢流外排。

化学生物絮凝工艺主要技术参数

(1) 混合池。快速混合池混和时间 60s，混合池总容积 1502 m^3 ，格数 $\times$ 每格容积为 $48\times 3113\text{ m}^3$ ，每格尺寸长 $\times$ 宽 $\times$ 深为 $311\text{ m}\times 115\text{ m}\times 617\text{ m}$ ，供气量 $32813\text{ m}^3/(\text{m}^3\text{ d})$ ，总供气量 $493268\text{ m}^3/\text{d}$ (即 $5171\text{ m}^3/\text{s}$)。

(2) 化学生物絮凝池。污泥负荷 $215\text{ kgBOD}/(\text{kgMLSS d})$ ，污泥浓度 $2\text{ kg}/\text{m}^3$ ，水力停留时间 0.58 h，水池数量 $\times$ 容积为 $4\times 12981\text{ m}^3$ ，有效水深 615m，格数 $\times$ 长 $\times$ 宽为 $12\times 18\text{ m}\times 9.9\text{ m}$ ，实际停留时间 0.62 h，总供气量 $518920\text{ m}^3/\text{d}$ (即 $6\text{ m}^3/\text{s}$)。

絮凝池供气分三段：第一段供气 $15\text{ m}^3/(\text{m}^3\text{ d})$ ，第二段供气 $9\text{ m}^3/(\text{m}^3\text{ d})$ ，第三段供气 $4\text{ m}^3/(\text{m}^3\text{ d})$ 。

(3) 沉淀池。平流式沉淀池主要参数：晴天高峰流量时 $215\text{ m}^3/(\text{m}^2\text{ h})$ ，平均流量时 $2\text{ m}^3/(\text{m}^2\text{ h})$ ，水平流速 3mm/s，停留时间 115h。共分 4 组，每组 12 池，每池尺寸 $919\text{ m}\times 76\text{ m}$ ，水深 3175 m，采用链板式刮泥机，共 48 台套。

工艺描述

本工程为一组加强处理，向污水中加药后先进入快速混合池，用空气混合，停留 60s，然后进入化学生物絮凝池，采用空气供氧与搅拌，并从沉淀池回流进水量 20 %~50 %的污泥，与进水混合，加助凝剂。投加混凝剂量为 120 mg/ L PAC (液体聚合铝)，助凝剂为 0.15mg/L 聚丙烯酰胺(PAM) 。絮凝池供气量分 3 段，即各 1/3 长度，第一段供气较多，第二段次之，第三段较少，总停留时间 0.62 h。絮凝池后接平流式沉淀池，内设链板刮泥机，污泥部分回流，剩余污泥排出。经过化学生物絮凝处理后的污水通过出水泵房提升后排入长江。

污泥处理

经计算化学絮凝处理产生污泥量为 255 t/d (干泥)，经污泥调节池，停留时间 1 h ，由泵提升后进污泥机械脱水机房。采用 6 套(5 用 1 备) 高干度离心脱水机，进泥含水率 97 %，出泥含水率 65 %，投加混凝剂 6 g/ kg 泥。脱水后污泥由车外运。

2.4 竹园第二污水处理厂

上海市竹园第二污水处理厂(以下简称“竹园二厂”)为上海城市环境项目污水治理三期工程子项目的一部分,设计处理规模为 50 万 m³/d, 于 2007 年 7 月开始调试, 10 月通过验收, 进入正式运营。工艺流程见图 2-7。

竹园二厂位于浦东外高桥保税区东北处，北临长江，与竹园第一污水厂相邻，服务面积为 37.33km² ，服务人口为 93.56 万人,生活污水

水与工业废水约各占 85%和 15%。污水经收集处理后，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的二级标准,再深海排放。

设计进、出水水质见表 2-4。

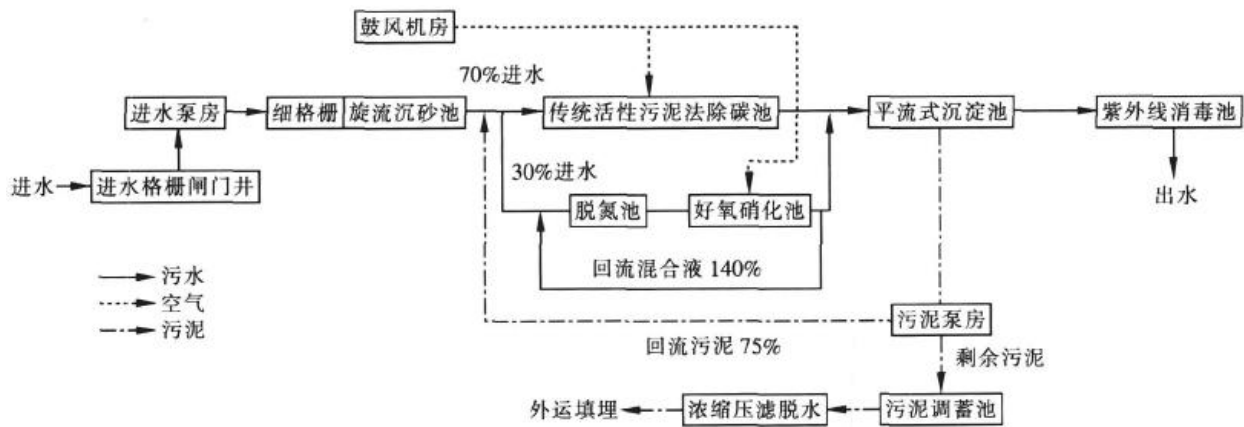


图 2-7 竹园第二污水处理厂工艺流程

表 2-4 设计进、出水水质(mg/L)

项目	COD	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	PO ₄ ³ -P	PH
进水	250	120	150	38	25	4	6-9
出水	100	30	30	28	25	3	6-9

2.5 松江西部污水处理厂

2.5.1 工程概况

松江区位于上海市西南,在黄浦江上游,离市中心约 40 km。

松江西部污水处理厂总服务面积约 138 km²,总规划人口约 35 万人。工程规划年限至 2020 年,规划污水量为 10 万 m³/d,近期污水量为 5 万 m³/d。污水厂处理工艺采用倒置式 A/A/O 工艺,处理后出水水质

达到上海市污水综合排放二级标准,排放至油墩港准水源保护区外 0.5 km 处。

工程于 2002 年 10 月份开工建设, 2004 年投入运行。

2.5.2 工程规模

污水水量

松江西部污水厂总设计规模 10 万 m³/d, 分两期建设,第一期设计水量 5 万 m³/d。管网按分流制设计, 总变化系数 K=1.38,各构筑物除生物反应池按平均流量设计外,其余构筑物按高峰流量设计。

污水水质

根据上海市郊县污水厂的进水水质指标和对本地区污水量及水质预测情况,确定了松江西部污水处理厂的污水进水水质指标(见表 2-5)。

表 2-5 污水进水水质指标

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	PO ₄ ³⁻ -P
指标 (mg/L)	350	180	250	25	4

出水水质

污水经处理后排入油墩港准水源保护区外 0.5 km 处,油墩港在排放口处的功能定位为 IV 类水体,因此,处理后的出水水质达到上海污水综合排放二级标准。主要出水水质指标见表 2-6。

表 2-6 污水出水水质指标

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	PO ₄ ³⁻ -P
指标 (mg/L)	≤120	≤30	≤30	≤10	≤1

污水及污泥处理工艺设计

污水处理工艺为分点进水倒置 A/A/O 处理工艺,其流程见图 2-8。

污泥处理采用污泥机械浓缩脱水的方案,大大缩短了污泥的停留时间,减少和避免了污泥液中磷的释放。污泥处理流程见图 2-9。

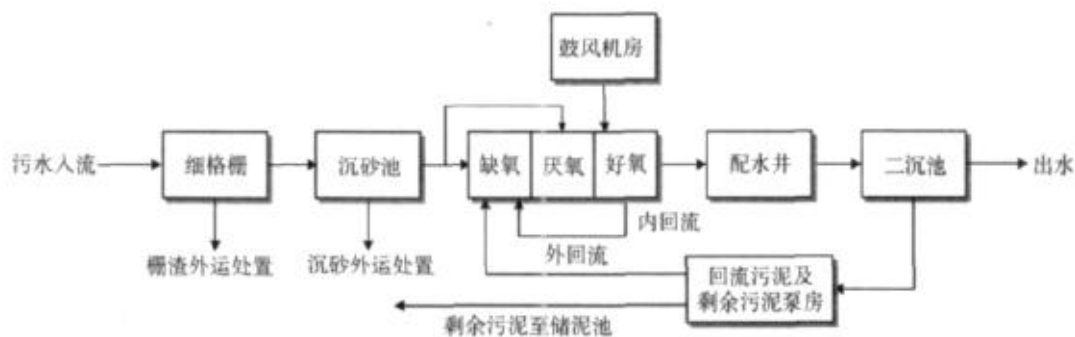


图 2-8 分点进水倒置 A/A/O 工艺流程图

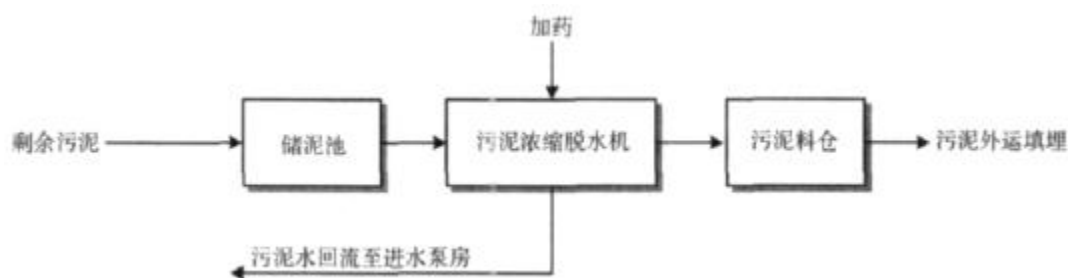


图 2-9 污泥处理工艺流程图

2.6 龙华污水处理厂

龙华水质净化厂位于漕溪路以东约 600m, 厂区北沿龙漕路, 南至龙华港, 占地约 83.5 亩。服务范围为东南起自沪杭铁路, 西至上

沃塘，北至宜山路以北蒲汇塘，面积约 1200 公顷。建设规模为日处理污水 10.5 万立方米。服务人口已达 35 万人，该地区的生活污水和工业废水经龙华水质净化厂处理后，排入龙华港，从而减少了对龙华港的污染。

漕溪路以西服务范围内的污水经微电子和康健 2 座中途泵站提升至漕宝路泵站，由漕宝路泵站直接送入污水厂曝气沉砂池，漕溪路以东服务范围内的污水自流进入厂内进水泵房，由进水泵房提升至曝气沉砂池。

污水处理工艺为 AO 法+物化法，污泥处理采用污泥浓缩、离心脱水后外运。

占地面积（亩）：83.5

处理规模（万立方/日）：10.5

处理深度：二级

处理工艺：活性污泥法

服务面积（公顷）：1200

服务人口（万人）：35

污泥处理工艺：浓缩脱水

污泥处置与利用：填埋

污水回用量（万立方米/日）：0.0032

工业废水占处理水量（%）：30

2.7 曹杨污水处理厂

曹杨污水处理厂位于上海市西北角的曹杨新村内。污水厂第一期工程建于 1954 年，1955 年正式投入使用，一期工程原设计日处理能力为 5700 m^3 ，投资约 115 万元，为当时曹杨地区约 4 万人服务；1960 年曝气池的运行方式由传统曝气池改为吸附再生法，使处理能力达到 $8000\text{ m}^3/\text{d}$ 。随着新村规模的不断发展和人口的增加，设备的处理能力已日益跟不上污水量的增加，1976 年开始筹建第二期工程，投资 360 万元，增加处理能力 $1.2\text{ 万 m}^3/\text{d}$ ，1980 年正式投产。1984 年又增建日处理量 $1\text{ 万 m}^3/\text{d}$ 的三期工程，1987 年正式投产，工程投资约 450 万元。三期扩建工程完成后，曹杨污水厂处理量达到 $3\text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。厂所属的污水输送泵站有兰溪路泵站、真如泵站、水塘泵站共 3 座泵站。

工程设计进水水质为： $\text{BOD}_5\ 200\sim 250\text{ mg/L}$ ， $\text{SS}\ 300\sim 350\text{ mg/L}$ ；设计出水水质为： $\text{BOD}_5\leq 20\text{ mg/L}$ ， $\text{SS}\leq 30\text{ mg/L}$ 。

主要设计参数：（1）曝气沉砂池，设计停留时间 101 s ，曝气量 $80\text{ m}^3/\text{h}$ ；（2）初沉池(斜板)：水力负荷 $4.17\text{ m}^3/(\text{m}^2\text{ h})$ ，停留时间 0.58 h ；（3）曝气池：设计污泥负荷 $0.22\sim 0.35\text{ kg BOD}_5/(\text{kg MLSS d})$ ，曝气强度 $5.5\sim 6.2\text{ m}^3/(\text{m}^2\text{ h})$ ，水力停留时间 $6.3\sim 8.9\text{ h}$ ，污泥回流比 40% ；（4）二沉池，一期(平流)水力负荷 $1.74\text{ m}^3/(\text{m}^2\text{ h})$ ，停留时间 0.96 h ；二期(斜板)水力负荷 $2.5\text{ m}^3/(\text{m}^2\text{ h})$ ，停留时间 1.14 h ；三期(竖流)水力负荷 $0.93\text{ m}^3/(\text{m}^2\text{ h})$ ，停留时间 2.0 h ；（5）污泥浓缩池，停留时间 1.8 d 。

曹杨污水厂实际运行中，进水 BOD_5 为 $350\sim 400\text{ mg/L}$ ， SS 320 mg/L ，出水 $\text{BOD}_5\leq 10\text{ mg/L}$ ， $\text{SS}\leq 10\text{ mg/L}$ ，出水水质相当好。污水厂实际运行水量约为 $24000\text{ m}^3/\text{d}$ 。工程实际运行电耗为 0.33 kWh/m^3 ，运行费用为 0.51 元/m^3 ，工厂运行管理污泥处理部分采用二班制，污水处理采用三班制。

至 1995 年，引进阿法拉伐的离心脱水机对湿污泥池贮存的污泥进行浓缩脱水，脱水后的污泥外运至填埋场进行卫生填埋。

2.8 彭浦污水处理厂

彭浦污水处理厂位于污水厂路 2 号，占地 1.47 公顷。1953 年建成通水，采用一级处理工艺，建有杂粒池、双层沉淀和粗煤渣床。设计日处理能力为 0.57 万立方米。随着宜川、甘泉、交通等新村的兴建，1954 年完成该厂扩建，增设二级处理项目，首次采用生物膜法工艺，处理成本仅为活性污泥法的 $1/5$ ，是上海市唯一试验性的生物滤池城市污水处理厂。主要构筑物有：平流式杂粒池 1 座，比例流量堰，双层沉淀池 1 座，细帘格池 1 座，投配池 1 座，生物滤池 1 座和二次沉淀池 2 座。污水处理效果设计 5 日生化需氧量减少 85%，悬浮固体减少 83%。

2.9 闵行区污水处理厂

闵行区污水处理厂隶属于闵行区水务局，位于上海市西南，莘庄镇北部，毗邻淀浦河，厂区占地面积 57.3 亩，固定资产 7000 多万元。厂外设有 10 座污水输送泵站，服务面积 9.25 平方公里，服务人口近

16 万人。

闵行区污水处理厂于 1982 年建成污水处理一期工程，处理量 5000 立方米/日，采用传统的活性污泥法处理工艺。1993 年建成二期扩建工程，规模为 10000 立方米/日，分两组，每组 5000 立方米/日，采用 A/O 法处理工艺。1998 年建成三期扩建工程，处理规模为 30000 立方米/日，分两组，每组 15000 立方米/日，采用氧化沟处理工艺。现有污水处理规模为 45000 立方米/日，实际处理水量为 32000 立方米/日。由于建成较早，厂内的污泥采用重力浓缩后用船外运堆肥的处置方法，没有污泥脱水设备。

二期 A/O 法现处理水量为 10000 立方米/日，剩余污泥经重力浓缩池浓缩后装船外运，上船污泥含水率为 95%，装运量约 80 立方米/日。

三期氧化沟现处理水量为 22000 立方米/日，剩余污泥也是经重力浓缩池浓缩后装船外运，上船污泥含水率为 98.4%，装运量约 200 立方米/日。

闵行区污水处理厂租用 10 亩作为污泥卸货堆场，堆场的污泥供应园艺场，作为培育花草苗木的肥料使用，做到污泥的资源化利用。

2.10 泗塘污水处理厂

泗塘污水处理厂位于上海市宝山区,始建于 20 世纪 90 年代初,并于 2002 年—2003 年对部分设备、设施进行了更新改造。该厂设计规模为 $2 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,处理对象为典型的城市生活污水,采用传统活性污

泥处理工艺,主要去除 BOD₅ 和 SS,尾水排入蕰藻浜。污泥经重力浓缩后,经由蕰藻浜用船外运处置。

泗塘污水厂规划服务范围内污水总量为 $3.05 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,其中泗塘污水厂改建规模为 $2 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,多余污水量($1.05 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$)经合流污水一期总管纳入竹园污水外排系统。

设计进、出水水质见表 2-7。

表 2-7 污水处理厂进出水水质

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TP
进水 (mg/L)	200	400	200	45	7
出水 (mg/L)	≤30	≤100	≤30	≤25	≤3
去除率(%)	≥85	≥75	≥85	≥44.4	≥57

2.11 东区污水处理厂

东区污水处理厂位于河间路 1283 号 (原贵阳路 490 号),占地 2.67 公顷,建成于民国 15 年 (1926 年),是采用活性污泥法工艺的二级污水处理厂。

主要构筑物有:泵房 1 座,曝气池 4 组 (共 16 条),竖流式二沉池 6 座,空气压缩机房 1 座,污泥干化床 33 只。日处理量为 1.7 万立方米,经处理后尾水排入黄浦江。

附 3 国家政策

—关于加强生活垃圾处理和污染综合治理工作的意见

环境保护部

住房和城乡建设部

国家发展和改革委员会

2010 年

生活垃圾处理和污染综合治理是城市管理及公共服务的重要组成部分，是建设资源节约型、环境友好型社会的重要内容，是关系民生的基础性公益事业。近年来，在党中央、国务院高度重视下，我国生活垃圾处理和污染防治工作取得了长足发展，政策法规不断完善，资金投入不断加大，处理能力和无害化处理率大幅提高。然而，随着城镇化进程加快以及人民生活水平提高，我国生活垃圾产生量不断增长，而与此同时，生活垃圾分类、回收和处理及污染防治能力与水平相对滞后，已成为实现全面建设小康社会目标的一个薄弱环节，亟须采取综合措施加以解决。现提出以下意见。

一、指导思想、目标任务

(一)指导思想。以邓小平理论和“三个代表”重要思想为指导，深入贯彻落实科学发展观，坚持政府主导、社会参与，城乡统筹、科学规划，因地制宜、分类指导的原则，促进源头减量，推进分类收集，健全收运体系，提高处理能力，组织技术示范，制定政策措施，完善

法规标准，加强监督管理，大力提升生活垃圾无害化处理水平，推进生活垃圾减量化和资源化工作，切实保障人民群众身体健康和环境安全，促进经济社会可持续发展。

(二)目标任务。到 2015 年年底，建立健全生活垃圾处理政策体系和污染综合治理监管体系，减量化、资源化和无害化水平进一步提高，生活垃圾污染得到有效控制。全国城市生活垃圾无害化处理率达到 80%，其中 36 个大城市(省会城市和计划单列市)达到 95%。全国所有县城建成 1 座以上生活垃圾无害化处理设施。城市生活垃圾产生量增长率逐年下降，“十二五”末人均生活垃圾产生量实现零增长。农村生活垃圾分类收集、无害化处理水平有较大提高，农村环境卫生状况有实质性改善。

二、多管齐下综合治理

(三)积极促进源头减量。抓紧研究制定包装物强制回收管理办法，加大《国务院办公厅关于限制生产销售使用塑料购物袋的通知》(国办发〔2007〕72 号)和《国务院办公厅关于治理商品过度包装工作的通知》(国办发〔2009〕5 号)落实力度，防止过度包装，减少包装废弃物产生。调整燃料结构，加快发展城市燃气、太阳能和其他清洁能源。鼓励餐具集中清洗消毒。在宾馆、饭店等服务性行业，限制一次性用品的使用。推行“净菜进城”，“净菜上市”。健全再生资源回收网络，方便居民交售废纸、废塑料、废金属等再生资源。在全社会大力提倡适度合理消费，厉行节约，反对浪费。

(四)稳步推进分类收集。建立和完善先进的完整的废旧商品回收利用和处理体系。鼓励生产和销售企业等单位通过“以旧换新”等多种方式回收废旧商品。到 2015 年年底，年回收处理各类废弃电器电子产品 2000 万台。建立和完善再生与综合利用产品的质量标准体系，采取政策措施，拓宽资源综合利用产品市场。按照与后续垃圾处理技术、方式和能力相适应的原则，积极开展城乡生活垃圾分类收集和处理试点工作，并逐步推广。在居民住宅区完善干湿垃圾收集和清运设施，鼓励居民对家庭生活垃圾实施干湿分类，将餐厨垃圾与其他生活垃圾分离后分别投放。稳步推进废弃含汞荧光灯、废药品、废杀虫剂等有害废物的单独收运工作，积极扶持终端分类处理设施的建设和发展。

(五)健全垃圾收运体系。按照分类、密闭、压缩要求升级改造现有生活垃圾收集、中转和运输设施，逐步淘汰敞开式收集、中转和运输方式。改造生活垃圾处理中转站，配套建设餐厨垃圾处理设施。提高生活垃圾分类收运能力和水平。到 2015 年年底，实现城市生活垃圾收集和运输全部密闭化，餐厨垃圾和其他垃圾实现分类收运；县城、乡镇基本建立收集和运输体系。

(六)合理选择处理方式。本着因地制宜、技术可行、设备可靠、适度规模、成本经济的原则，合理选择卫生填埋、清洁焚烧、生物处理等垃圾处理方式。

对于拥有相应土地资源且具有较好污染控制条件的地区，可采用

卫生填埋方式处理生活垃圾；对于土地资源紧张，生活垃圾热值满足要求的地区，可采用清洁焚烧处理技术；对于实行可降解有机垃圾分类回收的地区，可采用适宜的生物处理技术；对于生活垃圾混合收集的地区，不宜采用生物堆肥技术。

(七)加强餐厨垃圾管理。研究制定餐厨垃圾管理办法，加强餐厨垃圾的产生、收集、运输、处置及其相关工作的监督管理，建立餐厨垃圾全过程管理制度。餐厨垃圾产生单位应当将餐厨垃圾委托或提供给专业化处理单位处理，严禁直接使用餐厨垃圾饲养畜禽及鱼类，严禁用未经无害化处理的餐厨垃圾生产肥料，严禁将废弃食用油脂(包括地沟油)加工后作为食用油使用。建立餐厨垃圾登记制度，餐厨垃圾产生单位应如实记录餐厨垃圾的产生时间、产生数量和处理情况。餐厨垃圾专业化处理单位应如实记录餐厨垃圾接受时间、数量和处理情况。

各城市人民政府应制定规划，合理布局，建设餐厨垃圾集中处理设施。在餐饮街、高校、度假村等餐厨垃圾产生集中的地区，试点建设小型餐厨垃圾资源化处理站。新建宾馆、饭店、餐饮街、度假村、高校校区和大型小区等应配套建设餐厨垃圾处理设施。组织开展城市餐厨垃圾资源化利用和无害化处理试点工作。到 2015 年年底，36 个大城市(省会城市和计划单列市)实现餐饮行业餐厨垃圾集中收集和处理。

(八)加大农村生活垃圾综合治理力度。各地要把农村生活垃圾综

合治理作为社会主义新农村建设的重要突破口和关系农民切身利益的大事,纳入各级政府基本公共服务范围,进一步加大政府投入和“以奖促治”政策实施力度,加强农村环境综合整治,推进农村清洁工程建设。

社会主义新农村建设中,要把生活垃圾收运和处理作为重要内容,在村庄建设布局上予以明确,在建设时序上,予以优先考虑。要建立村庄清扫保洁机制,有条件的地区要将环卫管理范围向乡村延伸覆盖。要结合实际情况,把沼气建设、有机垃圾发酵池建设和农村改厕结合起来。以房前屋后基本没有零星垃圾,村间集镇基本没有散放垃圾,河塘基本没有漂浮垃圾,穿村铁路公路基本没有散落的塑料垃圾,废弃农药及其包装物基本没有乱丢弃为目标要求,组织开展农村生活垃圾收集和处理试点示范工程。鼓励农民将菜叶、菜根和谷皮果壳等有机物用于沼气和沤肥原料,将建筑垃圾、灰渣等用于村庄平地、修路或者再生利用。

三、加强行业管理和环境执法监督

(九)严格生活垃圾项目特许经营权招标投标管理。制定项目投资主体招标投标管理办法,严格执行《市政公用事业特许经营管理办法》,规范生活垃圾处理特许经营制度,科学设定项目边界条件,加强招标投标过程的监督和管理,保证项目投资水平达到相关建设标准,防止投标单位通过恶性竞争获得特许经营权后随意降低建设和运营水平。

(十)强化生活垃圾处理设施项目建设全过程监管。完善生活垃圾

处理技术市场准入制度，新技术、新工艺要有完整的生产性实验报告和专门技术报告，并报经省级住房和城乡建设行政主管部门会同有关部门审查通过后才能推广应用。严格执行《城市黄线管理办法》，完善信息公开和公众参与机制，认真做好规划选址、项目立项等前期准备工作。严格执行建设市场管理规定，落实项目法人制、质量监督制、合同管理制、工程监理制、工程竣工验收制等管理制度，保证工程质量。生活垃圾处理设施的设计、施工、监理、竣工验收等资料应当依国家《建设工程质量管理条例》及时向建设行政主管部门或者当地城建档案馆移交存档，公众可依法申请公开和查阅。

(十一)切实加强生活垃圾处理设施的运营管理。各地市容环境卫生行政主管部门要制定生活垃圾处理设施运营监管办法。积极开展第三方监管的试点，对已经市场化运作的垃圾处理项目，可派驻监督员，按照特许经营协议规定的条款，实施监督核查。进一步推进和完善生活垃圾处理设施无害化等级评定工作。对生活垃圾焚烧设施操作人员实行职业资格证书制度。生活垃圾处理企业要完善各项运行管理规程，建立运行情况日记录制度，加强人员培训，提高运营效率，充分发挥设施效益，保证污染物达标排放；要加强垃圾运输管理，防止遗撒遗漏。

(十二)进一步规范生活垃圾处理企业环境管理。生活垃圾处理企业要建立污染排放日常监测制度，每月向环境保护行政主管部门和市容环境卫生行政主管部门报告运行情况和监测结果并向社会公开。**新建生**

生活垃圾焚烧设施，必须安装自动监测系统，对燃烧温度等主要运行工况和烟尘、一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等主要污染物排放情况进行实时监测，并在企业主要出入口附近等显著位置设立显示屏，向社会公示监测数据；要记录并定期公开活性炭使用量，接受社会监督。自动监测系统应当与环境保护行政主管部门和市容环卫行政主管部门联网。现有生活垃圾焚烧单位，必须于 2011 年 12 月底之前达到上述要求。生活垃圾焚烧企业应当对焚烧设施二恶英排放情况每年至少监测一次，对氯化氢和重金属每季度至少监测一次。城镇污水处理厂污泥应按有关规定妥善处理，含水率超过 60% 的城镇污水厂污泥不得进入生活垃圾填埋场填埋。生活垃圾处理企业应当制定应急预案，积极预防和妥善处置突发环境事件。

(十三)严格环境执法监管。严格执行建设项目环境影响评价和环保“三同时”(建设项目的环保设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用)制度。各级环境保护行政主管部门要会同市容环卫行政主管部门要把生活垃圾处理设施运行状况纳入重点监管范围，每月至少开展一次监督性检查，每两个月至少开展一次常规污染物监测，对焚烧设施二恶英排放情况每年至少监测一次。2010 年年底前，各地要对正在运行的生活垃圾处理设施污染状况进行一次全面排查，近期完成对生活垃圾焚烧设施污染物排放特别是二恶英排放的监测。对污染严重的垃圾处理设施，当地环境保护行政主管部门会同市容环卫行政主管部门责令其限期整改，并向社会公布。

(十四)开展非正规生活垃圾处理设施和临时堆放场所环境风险评估和治理工作。2015 年年底前，各地要完成环境敏感区域及大中城市周边简易或非正规生活垃圾填埋场或堆放场所的环境风险评估工作。经评估存在污染需要治理的，应当进行治理和修复，消除环境和安全隐患。要有计划关闭过渡性的生活垃圾简易或非正规填埋设施。

四、完善法规和政策体系

(十五)健全法律标准体系。加快《固体废物污染环境防治法》和《城市市容和环境卫生管理条例》等法律法规修订前期研究工作，完善相关管理制度。抓紧制定、修订和完善生活垃圾处理和污染防治相关标准规范。加快地方立法步伐，制定完善地方生活垃圾处理相关法规和标准，规范生活垃圾处理行为。

(十六)完善经济政策。各地要认真执行经国务院同意原国家计委会同有关部门印发的《关于实行城市生活垃圾处理收费制度，促进垃圾处理产业化的通知》(计价格〔2002〕872 号)和《关于推进城市污水、垃圾处理产业化发展的意见》(计投资〔2002〕1591 号)的有关政策要求，完善生活垃圾收费办法，按照补偿垃圾收集、运输和处理成本，合理盈利的原则核定垃圾收费标准，促进生活垃圾处理产业化发展。要创新收费方式，提高收缴率，降低征收成本。开展行政机关和企事业单位向市容环卫行政主管部门申报生活垃圾排放情况试点工作，推行计量收费。加强垃圾收费的使用监管，确保专项用于生活垃

圾的收集、运输、中转和终端处理环节。垃圾收费收入不足以补偿生活垃圾收集、运输、中转和终端处理成本的，地方政府要予以补助，保证垃圾处理设施正常运行。完善资源综合利用目录，生活垃圾处理企业可按规定享受相关税收优惠政策。

(十七)拓宽投融资渠道。根据生活垃圾处理低回报、高稳定性、资金需求大的行业投资特点，研究开发适当的低成本、长期限的金融工具来支撑，如信托基金、企业债券等，丰富资金来源，建立多渠道投融资体系。抓紧建立和完善支持生活垃圾处理设施建设的财政、金融、土地等政策，降低企业的生产和经营成本，扶持企业发展。

(十八)加大资金投入。对生活垃圾无害化处理设施建设给予适当补助。地方财政要对实施本地区生活垃圾处理和污染综合治理规划及监管能力建设资金需求予以保障。

五、加大科技支撑力度和人才培养

(十九)加强生活垃圾处理污染防治技术研究。各级科技主管部门应将生活垃圾处理技术纳入相关科技计划，加大支持力度。加强生活垃圾预处理、清洁焚烧、二恶英控制、生活垃圾渗滤液处理、水泥窑处置生活垃圾、生活垃圾焚烧飞灰无害化处置和利用、餐厨垃圾处理和资源化利用，废弃油脂生产生物柴油、填埋场封场再利用、含汞荧光灯处理、生活垃圾污染场地评估和修复，以及垃圾处理环境监测和性能检测等技术研发，并依托重点工程项目组织开展试点示范。以废弃农药包装物、废塑料、废弃农膜为重点，研究开发适合农村地区的

生活垃圾处理技术。

(二十)提高生活垃圾处理技术装备水平。针对垃圾填埋工艺中高性能防渗膜、压实机、渗滤液处理及沼气发电、垃圾焚烧等关键技术装备,选取具有创新性、先进性、可靠性、自主知识产权且相对成熟的,开展工程示范。加强技术集成,加快生活垃圾装备标准化、现代化和国产化水平。在整合利用现有科技资源基础上,建设国家级垃圾处理工程技术中心,搭建“产、学、研”平台,促进生活垃圾处理技术的研究机构、处理设备的制造企业和生活垃圾处理企业的沟通、交流和合作,促进成果转化和产业化。

(二十一)加强人才培养。加强职业教育和培训,培养生活垃圾处理和污染综合治理专业人才。鼓励高等院校和科研院所与有条件的重点企业合作,加强相关高级管理人才、高级技术人才、高级技能人才的培养。

六、加强规划统筹

(二十二)研究制定全国“十二五”生活垃圾处理设施建设及污染综合治理等相关规划。提出生活垃圾处理和污染综合治理的基本思路、目标、原则、任务、投资和政策措施等。坚持减量化、资源化、无害化原则,按照发展循环经济的理念,加快生活垃圾处理减量、分类、中转运输和处理处置设施建设及现有垃圾处理设施技术升级改造,提高餐厨垃圾集中收集和处理能力,加强运行监管能力和环境监测能力,促进生活垃圾处理和污染综合治理能力迅速提高。各城市人

民政府要结合本地区的实际，组织编制实施本辖区内生活垃圾处理和污染综合治理规划，并纳入国民经济和社会发展规划。

(二十三)严格执行城市建设相关规划。地方各级政府编制的生活垃圾处理和污染综合治理规划要符合城市总体规划要求。重点要做好生活垃圾处理设施建设的规划选址工作，保障处理设施建设用地，严格规范垃圾处理设施周边的建设开发活动。鼓励打破行政区域限制，探索区域共建共享生活垃圾处理设施。各级政府必须严格执行城市总体规划及相关规划，未经相关法定程序，不得随意更改。进一步完善规划公开和公众参与的程序和制度，相关规划草案应当依据《城乡规划法》征求专家和公众的意见。

七、严格落实责任

(二十四)明确地方政府责任。生活垃圾处理和污染综合治理工作由地方政府负责，要切实加强组织领导，抓紧制定落实本意见的实施方案，将各项任务逐级分解落实到责任单位和企业，并强化考核和监督。生活垃圾处理和污染综合治理目标完成情况要纳入地方政府绩效考核体系，并参照《国务院批转节能减排统计监测及考核实施方案和办法的通知》(国发〔2007〕36号)予以考核。地方各级监察部门会同有关部门要建立垃圾处理设施建设质量和运行管理责任追究制度，对建设质量低劣造成设施不能正常运行的，依法追究其经济责任并限期整改；情节严重的或发生严重污染事故的，要全过程分析排查立项、审批、验收等各个环节，追究有关责任单位和责任人的责任；构

成犯罪的，依法移送司法机关处理。

(二十五)深化环卫体制改革。各地应进一步转变政府职能，按照政企分开、政事分开、事企分开的原则，制定具有可操作性的改革方案，稳步推进环卫体制改革。财政、人力资源社会保障等部门要研究制定财政、再就业等扶持政策，确保环卫体制改革稳步推进，加强环卫行业能力建设，提高环卫作业水平。

(二十六)加强宣传教育。将推行生活垃圾源头减量、分类收集和倡导绿色消费作为社会主义生态文明、精神文明建设的重要内容，通过广播、电视、网络等媒体加强宣传教育。从家庭一日三餐入手，推广普及垃圾减量和分类知识，在全社会养成垃圾减量和分类的良好习惯，树立“垃圾处理、人人有责”的观念，鼓励全民参与。要特别注重中小学生的环境教育，在中小学课本中增加垃圾减量和分类处理的教育内容。各地区要采取多种形式普及垃圾处理和污染防治相关知识，鼓励将生活垃圾处理设施建设成环境教育基地，设立公众参观日，让群众充分了解垃圾处理设施运营和污染控制情况。

附 4 上海市政策

—关于进一步加强本市生活垃圾管理的若干意见

上海市人民政府

2010 年

为深入贯彻落实科学发展观，促进本市经济社会、人口和资源环境全面、协调、可持续发展，根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《城市生活垃圾管理办法》、《上海市市容环境卫生管理条例》等法律、法规的规定，现就进一步加强本市生活垃圾管理提出若干意见如下：

一、充分认识加强生活垃圾管理的重要意义

生活垃圾管理是维护城市正常运行的基础工作。生活垃圾处理是一项重要的公共服务，是一项关系民生的基础性公益事业。不断提升生活垃圾管理水平，是推进节能减排、发展低碳经济的重要途径，是实现本市经济、社会科学发展的保障，也是改善人民群众生活环境的基本要求。

近年来，本市生活垃圾管理取得了明显成效。但随着本市人口的快速增长，生活垃圾无害化处置能力已不能满足处理需求。生活垃圾处置设施布局不合理、部分处置设施长期超负荷运行、资源化利用总体水平不高、无害化处置技术应用不广等问题日益凸显，生活垃圾管理工作面临严峻形势。

各级政府、各有关部门要从可持续发展的战略高度，深刻认识加强生活垃圾管理的重要性和紧迫性，切实履行职责，增强服务能力，提升管理能级，进一步提高本市生活垃圾减量化、资源化和无害化水平。

二、明确加强生活垃圾管理的基本原则、工作目标

（一）基本原则

1.坚持城乡统筹、科学规划。按照“一主、多点”的要求，优化生活垃圾处理设施规划，完善科学合理的区域处置布局，着力形成市中心城区和郊区生活垃圾物流既相对独立又资源共享的格局。

2.坚持环境优先、资源利用。着眼于环境友好、节能减排，积极倡导低碳生活方式，大力推进生活垃圾分类，促进垃圾源头减量，优化资源利用结构，切实提高各类垃圾再生利用水平。

3.坚持政府主导、社会参与。积极构建政府引导下的社会参与机制，按照市场化运营管理模式，形成职责清晰、技术先进、能力充足的生活垃圾末端处置体系，不断提高生活垃圾处理效率。

4.坚持分级负责、属地管理。完善市、区县、街（镇）三级垃圾管理体制，形成市级统筹全市生活垃圾管理技术、标准、政策及物流。区县负责所辖区域生活垃圾收集、运输、处置工作，承担相应费用；街（镇）组织发动市民群众、社会单位积极参与生活垃圾管理的工作格局。

5.坚持技术创新、安全运行。以适用、先进、安全为方向，推进

生活垃圾资源化、无害化处理技术的创新与产业化应用。加强处置设施运营监管，规范处置运营行为，严格控制收集、运输、处置过程对环境的污染。

（二）工作目标

1.切实控制生活垃圾年增长幅度。大力推广居民区生活垃圾分类投放，综合运用多种手段，促进生活垃圾源头减量，力争将全市生活垃圾年增长率控制在 3%左右。

2.积极推进生活垃圾资源化利用。到 2012 年，基本实现建筑垃圾、餐厨垃圾、绿化垃圾与日常生活垃圾分类收集、运输、处置。到 2015 年，基本实现建筑装饰垃圾、餐厨垃圾、绿化垃圾等资源利用。

3.着力提升生活垃圾无害化处理能力。到 2012 年，全市生活垃圾无害化处理能力达到约 2 万吨 / 日。到 2015 年，全市生活垃圾无害化处理能力达到约 2.7 万吨 / 日，基本满足全市生活垃圾处理需求。

三、落实加强生活垃圾管理的主要任务

（一）加强源头管理，实现生活垃圾减量化

1.促进社会源头减量。加大政府引导推进力度，努力发展循环经济、低碳经济，鼓励社会、市民积极参与源头减量工作。研究制定相关政策，不断促进清洁生产。限制产品过度包装，鼓励包装物回收利用，发展绿色包装，强化生产者责任。推进新建住宅全装修，提倡适度装修，减少房屋装修垃圾。倡导节俭型餐饮文化，积极引导绿色消费、适度消费；继续推进净菜上市，减少餐厨垃圾。

2.推进生活垃圾全过程分类。继续加强宣传引导，大力推行低碳生活方式。推进居住区、企事业单位、公共场所日常生活垃圾分类投放，强化垃圾分类在文明小区、文明社区、文明单位、文明行业以及市容环境责任区等各类创建活动中的作用，促进生活垃圾的循环利用。加大生活垃圾分类运输专用设备的投入力度，加快建设日常生活垃圾、建筑装修垃圾、餐厨垃圾、绿化垃圾分流处理系统，逐步形成居民生活垃圾分类投放、分类收集、分类运输、分类处置的全过程分类。

（二）推进资源利用，提升生活垃圾资源化水平

1.完善废品回收利用体系。鼓励社会参与废旧物品回收利用工作，健全社区废品回收利用系统，进一步完善废旧物资回收利用网络。加大政策引导和支持力度，推进废品回收企业规模化、规范化发展。研究制定相关政策，建立健全电子垃圾回收处理系统，积极推进现有回收体系与相关末端处理企业的对接，鼓励有条件的企业参与回收渠道建设。

2.拓展建筑装修垃圾利用途径。建立健全建筑装修垃圾集中收集、规范运输、定点处置机制，促进建筑装修垃圾有序消纳。推进建筑装修垃圾水运中转码头和浦东、闵行、宝山等装修垃圾、拆建废料资源化利用设施建设，设立区域分拣处置场，逐步实现建筑装修垃圾就地消纳和再生利用。依托生活垃圾集装化运输中转码头，在老港固体废弃物综合利用基地建设装修垃圾集中处理设施。加快研究装修垃

圾资源利用技术，推进示范项目建设。积极扶持建筑装修垃圾资源化利用企业，支持建筑装修垃圾资源化利用行业健康发展。

3.推动餐厨垃圾资源利用。规范餐厨垃圾产生、收集、运输、处置行为，实现餐厨垃圾产生单位全覆盖管理。引导社会力量积极探索餐厨垃圾处理新技术和新方式，开发餐厨垃圾资源化利用产品，推广餐厨垃圾源头脱水技术。鼓励郊区采取资源规范利用等方式处理餐厨垃圾。

4.加大绿化垃圾回收利用力度。完善各区县绿化枯枝、落叶收集系统，鼓励有条件的郊区接纳中心城区已粉碎的预处理绿化垃圾。推广应用绿化垃圾回收利用技术成果，采取粉碎发酵、腐熟堆肥等多种方式，实现绿化垃圾综合利用。

5.提高日常生活垃圾资源利用程度。加大生活垃圾分类工作力度，鼓励具备条件的企业推进生活垃圾分拣，促进废纸、废塑料、废玻璃等垃圾资源的再利用。大力支持生活垃圾填埋场沼气利用、生活垃圾焚烧发电等项目建设。深化相关鼓励扶持政策，着力提高生物气发电和焚烧发电产业利用水平。

（三）加速推进设施建设，提高生活垃圾无害化处理能力

1.加快生活垃圾处置设施建设。推进老港生活垃圾处置设施和配套环保设施建设，不断适应中心城区生活垃圾量持续增长的需要。按照“就近消纳”的原则，着力推进郊区生活垃圾处理设施建设，完善农村生活垃圾“户分类、村收集、镇运输、区处置”的处理系统，以适应

郊区城市化进程加快所带来的生活垃圾处置需求。2012 年，完成老港生活垃圾综合利用基地一期建设；2015 年，完成老港生活垃圾综合利用基地二期和金山、奉贤、嘉定、浦东、闵行和长兴岛等地区生活垃圾无害化处理设施建设。

2.提升餐厨垃圾处理设施能级。以改进餐厨垃圾处理工艺为重点，通过改建、扩建现有处理设施，提升餐厨垃圾处理综合能力。新建宾馆、饭店、餐饮街、度假村、高校校区、职工食堂等应按照标准，配套建设餐厨垃圾处理设施，不断规范餐厨垃圾处置行为。

3.改善垃圾处置设施周边环境。加快原老港一、二、三期垃圾填埋场生态修复工程。关闭金山、青浦、松江等区域内镇级生活垃圾简易堆场，实施环境改善工程。对已投入运营和在建、规划建设的生活垃圾处理设施周边，实施规划控制，严格控制人流聚集性项目开发，并结合实际情况实施防污染隔离林带建设。

4.规范渗沥液减排。加强生活垃圾清运过程管理，继续推进生活垃圾收运车辆技术更新，规范渗沥液收集、排放行为，消除收运过程滴漏现象。改造、更新生活垃圾小型压缩式收集设施，推广生活垃圾中转站、转运码头渗沥液的就近规范排放，减少生活垃圾末端处置量。加快推进生活垃圾中转、集装化运输系统建设，努力减少二次污染，不断提高环境质量。

四、确保生活垃圾管理有序进行

（一）落实设施建设责任

积极探索政府主导、市场化运作、国有控股企业参与的生活垃圾处理设施建设和运营管理新机制。加大政府投入力度，市级生活垃圾处理设施以市级政府性投资建设为主；郊区政府负责本区域生活垃圾处理，包括装修垃圾、餐厨垃圾、绿化垃圾等资源化利用设施的建设。对郊区政府投资建设的生活垃圾末端处置设施，市政府给予一定的经费补贴。

（二）强化价格调控机制

根据“按量收费、按类收费”的原则，规范单位生活垃圾处理收费，深化居民生活垃圾处理收费制度及实施机制研究。完善市级生活垃圾处理设施处理价格机制，健全各区生活垃圾总量控制和计量收费制度，继续实施“超量加价、减量奖励”政策，鼓励源头减量。进一步完善生活垃圾处理环境补偿办法。对社会企业参与生活垃圾处理设施运行，按照“保本微利，公开透明”的原则，建立合理的价格体系。

（三）健全法规政策和技术标准

按照法定程序，推进生活垃圾管理立法研究，加快生活垃圾管理地方性法规的立法工作，开展餐厨垃圾、建筑垃圾管理等政府规章、技术标准的制订、修订。研究并落实生活垃圾资源化利用企业的相关扶持政策，支持相关项目实施主体和配套单位的有关工作。研究制订各类资源化利用产品推广应用政策和资金补贴机制。研究制订适度包装和绿色包装标准，制订生活垃圾分类收运车辆技术标准和作业规范，制定生活垃圾处理设施运营技术规范 and 监管办法。

（四）加大科技支撑力度

加大政策引导、扶持力度，积极开展生活垃圾分类收集、运输、处理及垃圾综合管理的基础性、关键性技术的研究，特别是突破制约生活垃圾处置行业发展瓶颈的新技术研究。大力推动生活垃圾处理中渗沥（滤）液处理、臭气控制、资源化利用、生态修复等方面新技术的研究与产业化应用。加快生活垃圾管理信息化系统建设，逐步实现生活垃圾处理全过程信息化管理。

（五）健全监督管理体系

加强生活垃圾收运、处置过程监管，建立健全垃圾收运、处置多元化监管体系，防止垃圾混装、混运，防止收集、运输、处置中对环境的再污染。建立并完善各类生活垃圾处理设施运营质量标准、监管标准和综合考评办法，强化监管手段，加强运营质量监督和环境监测，切实提高垃圾处理设施运营效率和监管水平。

（六）增强公众责任意识

广泛、深入、持久地开展生活垃圾减量、资源利用、无害化处理的宣传活动，不断提高社会公众节能减排、低碳生活的环境责任意识、行为规范意识。采用多种方式、利用多种渠道开展生活垃圾处理科普宣传，创造客观、公正、友善的舆论环境。积极引导公众参与环境改善活动，广泛听取群众意见和建议，集中公众智慧，解决生活垃圾分类、减量和处置中的难题。完善公众监督机制，创新公众参与途径，加强社会公众对生活垃圾管理的监督。

（七）加强统筹协调

建立由市政府相关部门参与的生活垃圾管理协调机制，及时解决生活垃圾管理和设施建设中的问题，推进生活垃圾处理设施建设，加大生活垃圾管理力度。区县政府负责组织落实本行政区域生活垃圾处理工作，加强街镇层面管理力量，落实相应经费。将生活垃圾管理工作，列入区县政府重点工作绩效考核内容。

附 5：垃圾取样家庭名单

姓名	家庭住址	家庭人数	联系方式
张菊萍	安远路 777 弄 6 号 1202	3	62322420
张效国	临汾路 299 弄 5 号 1303	1	56919814
陆文俊	真北路 4333 弄 68 号 1001 室	3	36329110
赵凡	广粤路 439 弄 35 号 302 室	2	65924431
周增炎	同济新村 148 号 401 室	2	65136165
李国建	同济新村 348 号 6 室	2	65040687
马鲁铭	学府街 88 弄 19 号	4	13624133350
樊金红	彰武路 72 号 1213	3	13917812949
王红武	虹梅南路 126 弄 70 号 401 室	4	13162299355
严媛媛	同济新村 411 号	1	13611938993
高廷耀	同济新村 346 号 1 室	2	65983868
刘志刚	浦东区御青路 328 弄 88 号 501 室	2	18918025137
吴星五	同济新村 558 号 8 室	3	65980872
朱锦福	同济新村 645 号 1 室	3	65980872
周玲玲	虹口区密云路 471 弄	3	18721933703
何群彪	控江路 1500 弄 97 号 2303 室	3	13901886183
史小云	国权路 95 弄 14 号 502 室	2	13601660387
张平	世界路 117 弄 13 号 502 室	4	13482298498

龚荣祥	长阳路 3103 弄 18 号 302 室	3	13611697068
胡善玲	同济新村 511 号 204 室	3	13916972831
刘霞	国权路 95 弄 17 号 902 室	2	13801764421
吴成根	凤城三村 79 号 203 室	3	13917776807
陈洪斌	郑立路 830 弄 8 号 202 室	3	65984569
徐文英	同济新村 20 号 8 室	2	65981794
彭海清	国权路 95 弄 16 号 801 室	3	13601694023
周荣丰	江西中路 374 号 44 室	3	65981794
张锁乔	泾东路 103 弄 25 号	2	65028375
江霜英	欧阳路 322 号 403 室	3	15921552837
张德胜	密云路 528 号 8 室	3	65984566
魏宏斌	双阳北路黄兴花园 145 弄 1101 室	3	13818921659
李平	同济大学青年楼 134 号	3	13801764420
邹平	同济绿园 23 号 501 室	3	13701743616
屈计宁	浦东羽山路 600 弄 17 号 502 室	3	13701668497
卓桂华	密云路 528 弄 2 号楼 2101	2	13524343235
薛静	上海市武川路 78 弄 46 号 401	2	15901844186
洪杰	吉浦路 615 弄 75 号楼 501 室	3	13818857894
周佳懿	洛川中路 1100 弄 31 号 202	3	13564225516

附 6：污水部分实验记录

1. 三餐垃圾粉碎模拟实验

1.1 实验内容

将每天收集的早餐、午餐和晚餐垃圾分别混合，随机取样，进行称量、食物种类记录，然后进行食物垃圾处理器粉碎处理和水质监测，模拟用户家庭使用食物垃圾处理器后的污水状态。

1.2 实验操作

食物垃圾处理器是美国 Emerson 电气和通用公司推出的一款产品，本次实验采用的装置是食物垃圾处理器演示柜。

(1)先把水池里的塞子拔出来，打开水龙头，使水流保持适中，按动按钮，然后把垃圾样品塞进下水口，安装于水槽下部、并与排水管相连的机器“滋滋”震动，借助高速旋转而产生的离心力，食物被打碎，几秒钟后浑浊的水从排水管流出，绞碎的食物就溶解在里面，直到食物被完全打碎为止。

(2) 记录从打开到关闭水龙头的时间，量取集水桶中混合液的体积，并观察测量混合液中颗粒的直径大小。

(3) 取 1000ml 水样，测其各项水质参数如 COD，BOD₅，SS，TN，TP，NH₃-N 等的浓度值。氨氮采用纳氏试剂分光光度法测量；总磷采用过硫酸钾消解法消解，然后用钼锑抗分光光度法测量；COD 采用国标重铬酸钾法测量；TN 采用碱性过硫酸钾消解法消解，然后用紫外分光光度计测量；BOD 采用 OxitopIS6 测量。

1.3 实验数据(以样品 1 为例详细说明)

1.3.1 早餐垃圾:

表 6-1 实验材料的组成（以样品 1 为例）

材料	白米粥	包子	蛋壳	炒米	香蕉皮	总垃圾
含量/g	80	100	260	296	450	1186
所占比例/%	6.74	8.43	21.92	24.96	37.95	100

粉碎时间 $t=3.3\text{min}$,

混合液体积 $V=9000\text{ml}$

混合液中最大颗粒直径 $\leq 5\text{mm}$, 多数颗粒直径 $\leq 1\text{mm}$

表 6-2 氨氮浓度

水样体积 /ml	稀释倍数	吸光度	氨氮浓度 /(mg/L)	氨氮实际浓度 /(mg/L)
空白样	1	0	0	0
50	5	0.672	9.42	47.08
50	10	0.411	5.84	58.41
50	20	0.226	3.31	66.12
50	50	0.112	1.74	87.22

稀释 50 倍的水样的误差较大, 氨氮浓度选用稀释倍数为 5,10,20 的水样的平均值 57.2 mg/L 。

表 6-3 总磷浓度

水样体积 /ml	稀释倍数	吸光度	总磷浓度 /(mg/L)	总磷实际浓度 /(mg/L)
空白样	1	0	0	0
25	2	0.678	6.62	13.24
25	5	0.278	2.64	13.21
25	10	0.164	1.51	15.11

25	20	0.066	0.54	10.74
----	----	-------	------	-------

总磷浓度选用稀释倍数为 2,5,10,20 的水样的平均值 13.07 mg/L。

表 6-4 总氮浓度

水样体积 /ml	稀释倍数	吸光度	总氮浓度 /(mg/L)	总氮实际浓度 /(mg/L)
空白样	1	0	0	0
10	5	0.968	11.05	55.23
10	10	0.669	7.48	74.78
10	20	0.423	4.54	90.86

总氮浓度选用稀释倍数为 5,10,20 的水样的平均值 73.62 mg/L。

表 6-5 SS 浓度

滤纸编号	烘干后重 /g	过滤烘干 后重/g	SS 净重 /g	水样体积 /ml	SS 浓度 /(mg/L)
1	0.9821	1.0422	0.0601	50	1202
2	1.0042	1.0707	0.0665	50	1330
3	1.0101	1.0693	0.0592	50	1184
4	0.9987	1.0573	0.0586	50	1172

SS 取平均值 1222 mg/L。

表 6-6 COD 浓度值

编号	稀释倍数	硫酸亚铁铵用量 /ml	COD 值 /(mg/L)	实际 COD 值 /(mg/L)
空白	1	14.05	0	0
1	10	10.85	248.32	2483
2	20	12.39	128.82	2576
3	50	13.37	52.77	2638

COD 取平均值 2566 mg/L。

表 6-7 溶解性 COD 浓度值

编号	稀释倍数	硫酸亚铁铵用量 /ml	COD 值 /(mg/L)	实际 COD 值 /(mg/L)
空白	1	14.05	0	0
1	10	11.74	179.26	1793
2	20	12.92	87.69	1754

溶解性 COD 取平均值 1773 mg/L。

表 6-8 BOD₅ 浓度

时间 读数	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	稀释 倍数	BOD ₅ 实际浓度 /(mg/L)
BOD ₅	50	90	110	120	125	10	1250
BOD ₅	25	50	60	65	65	20	1300

BOD₅ 取平均值 1275 mg/L。

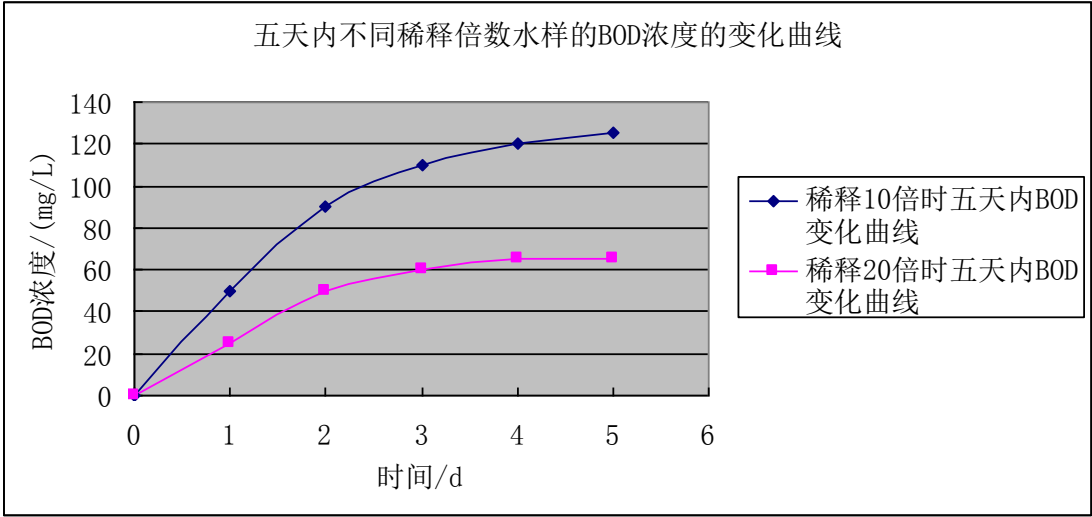


图 6-1 五天内不同稀释倍数水样的 BOD 浓度的变化曲线

表 6-9 出水水质指标一览表

水质指标	COD	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	TP
数值/(mg/L)	2566	1275	1222	73.6	57.2	13.0

为增强数据的可信度，早餐餐厨垃圾共做了 20 组平行实验。其余

实验材料选取和编号 1 的选取办法相同, 由于垃圾的不均匀性和混合的局限性, 食物组成与样品 1 略有差异, 但食物种类和组成特点相似, 不一一列举。实验数据汇总如下:

表 6-10 早餐餐厨垃圾处理后的水质水量

编号	垃圾量 /kg	粉碎时间 /s	混合液体 积/L	耗水量 / (L/kg)	COD /(mg/L)	溶解性 COD/(mg/L)
1	1.186	198	9.0	7.59	2566	1773
2	1.166	186	4.7	4.03	3933	2800
3	0.684	84	2.9	4.31	2458	1398
4	0.866	93	3.0	3.48	3095	2166
5	0.533	66	2.4	4.53	1823	1354
6	0.621	89	2.9	4.68	2234	1802
7	0.458	59	1.8	3.99	2543	1773
8	0.601	78	3.0	5.01	3077	1563
9	0.458	57	2.3	5.03	2539	1548
10	0.632	80	2.6	4.11	2199	1805
11	0.331	47	1.1	3.27	2578	1812
12	0.455	55	1.8	4.02	1991	1365
13	0.502	59	2.3	4.57	2574	1721
14	0.401	51	1.7	4.31	2704	1799
15	0.673	87	2.9	4.36	3193	2134
16	0.543	68	2.3	4.19	2543	1874
17	0.371	50	1.9	5.02	2436	1795
18	0.339	48	1.7	5.02	1876	1300
19	0.678	89	3.5	5.26	2239	1821
20	0.512	60	2.1	4.16	2358	1865
平均值	0.601	80	2.7	4.55	2548	1773

BOD /(mg/L)	SS /(mg/L)	VSS /(mg/L)	可沉降 SS/(mg/L)	氨氮 /(mg/L)	TN /(mg/L)	TP /(mg/L)
1275	1222	758	464	57.2	73.6	13.0
2250	1064	564	504	62.1	82.1	13.4
875	983	514	469	54.6	73.8	14.0
1375	828	460	368	62.7	80	13.2
959	1143	765	378	61.8	74.4	12.9
1367	1244	859	385	64.4	77.9	13.4
1332	998	489	509	53.1	74.9	12.6
1044	1522	1076	446	65.3	82.1	13.5
1376	1367	866	501	58.3	73.6	13.3
1258	1655	1174	481	57.1	72.4	12.4
1239	1302	825	477	49.6	61.9	13.8
969	1245	796	449	56.9	71.7	14.1
1326	1078	572	506	55.3	75.5	14.6
1234	1576	1101	475	52.2	69.2	13.9
1621	1265	788	477	60.1	76.6	12.2
1355	1492	932	560	54.3	66.3	11.7
1221	1208	732	476	60.2	77.9	11.4
809	1314	811	503	50.1	69.1	12.8
1344	1032	561	471	52.6	70.7	13.4
1290	908	521	387	56.8	73.1	12.7
1276	1222	758	464	57.2	73.8	13.1

1.3.2 午餐垃圾：

表 6-11 实验材料的组成（以样品 1 为例）

材料	蒸大米	炒豆腐	炒土豆	芹菜叶	生菜叶	肉骨头
含量/g	102	12	14	15	13	490
所占比例/%	6.14	0.72	0.84	0.90	0.78	29.54

材料	海贝	面条	生菜叶	白菜叶	土豆皮	香蕉皮
含量/g	17	56	21	24	26	397
所占比例/%	1.02	3.38	1.27	1.45	1.57	23.93
材料	黄瓜	卷心菜	西瓜皮	绿豆	桃	总垃圾
含量/g	27	11	404	10	20	1659
所占比例/%	1.63	0.66	24.36	0.60	1.21	100

混合液浑浊度较早餐餐厨垃圾处理大，且漂浮物明显增多，颗粒度与早餐餐厨垃圾处理基本一致。

粉碎时间 $t=6.5\text{min}$,

混合液体积 $V=18800\text{ml}$

混合液中最大颗粒直径 $\leq 5\text{mm}$ ，多数颗粒直径 $\leq 1\text{mm}$

表 6-12 氨氮浓度

水样体积 /ml	稀释倍数	吸光度	氨氮浓度 /(mg/L)	氨氮实际浓度 /(mg/L)
空白样	1	0	0	0
50	5	0.819	11.43	57.15
50	10	0.471	6.66	66.63
50	20	0.220	3.22	64.48

氨氮浓度选用稀释倍数为 5，10，20 的水样的平均值 62.75mg/L 。

表 6-13 总磷浓度

水样体积 /ml	稀释倍数	吸光度	总磷浓度 /(mg/L)	总磷实际浓度 /(mg/L)
空白样	1	0	0	0
25	5	0.535	5.20	25.98
25	10	0.336	3.22	32.20
25	20	0.146	1.33	26.63

25	50	0.083	0.71	35.29
----	----	-------	------	-------

总磷浓度选用稀释倍数为 5,10,20,50 的水样的平均值 30.03mg/L。

表 6-14 总氮浓度

水样体积 /ml	稀释倍数	吸光度	总氮浓度 /(mg/L)	总氮实际浓度 /(mg/L)
空白样	1	0	0	0
10	10	0.798	9.02	90.17
10	20	0.431	4.64	92.77

总氮浓度选用稀释倍数为 10,20 的水样的平均值 91.37 mg/L。

表 6-15 SS 浓度

滤纸编号	烘干后重 /g	过滤烘干 后重/g	马弗炉加热后重 /g	水样体积 /ml
1	0.9992	1.1261	1.0521	50
2	0.9936	1.1202	1.0476	50
3	0.9906	1.1129	1.0397	50
4	0.9870	1.1096	1.0355	50
滤纸编号	SS 净重 /g	SS 浓度 /(mg/L)	VSS 浓度 /(mg/L)	可沉降 SS /(mg/L)
1	0.1269	2538	1498	1040
2	0.1266	2532	1452	1080
3	0.1223	2446	1464	982
4	0.1226	2452	1482	970

SS 取平均值 2492,VSS 取平均值 1474, 可沉降 SS 取平均值 1018 mg/L。

表 6-16 COD 浓度值

编号	稀释倍数	硫酸亚铁铵用量 /ml	COD 值 /(mg/L)	实际 COD 值 /(mg/L)
----	------	----------------	------------------	---------------------

空白	1	13.95	0	0
1	20	9.79	322.82	6456
2	50	12.35	124.16	6208

COD 取平均值 6332 mg/L。

表 6-17 溶解性 COD 浓度值

编号	稀释倍数	硫酸亚铁铵用量 /ml	COD 值 /(mg/L)	实际 COD 值 /(mg/L)
空白	1	13.95	0	0
1	10	8.62	413.61	4136
2	20	11.21	212.62	4252

COD 取平均值 4194 mg/L。

表 6-18 BOD₅ 浓度

时间 读数	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	稀释 倍数	BOD ₅ 实际浓度 /(mg/L)
BOD ₅	80	125	140	150	155	20	3100
BOD ₅	40	55	60	65	65	50	3250

BOD₅ 取平均值 3175 mg/L。

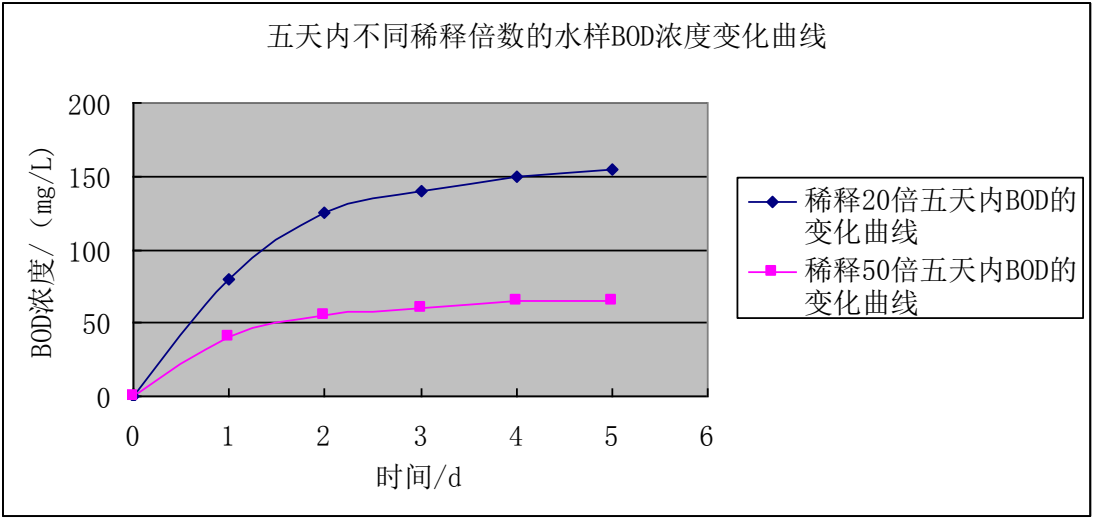


图 6-2 五天内不同稀释倍数的水样 BOD 浓度变化曲线

表 6-19 出水水质指标

水质指标	COD	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	TP
数值	6332	3175	2492	91.5	62.8	30.0

为增强数据的可信度，午餐餐厨垃圾共做了 20 组平行实验。实验数据汇总如下：

表 6-20 午餐餐厨垃圾处理后的水质水量

编号	垃圾量 /kg	粉碎时间 /s	混合液体 积/L	耗水量 /（L/kg）	COD /(mg/L)	溶解性 COD/(mg/L)
1	1.659	390	18.8	11.33	6332	4194
2	1.432	375	12.2	8.5	7455	5327
3	1.566	381	13.8	8.8	6216	4300
4	1.601	384	13.1	8.2	7892	3287
5	1.543	369	12.5	8.1	6434	4110
6	1.387	352	11.8	8.5	5501	3098
7	1.443	360	12.1	8.4	5438	3112
8	1.654	388	15.4	9.3	6201	3993
9	1.552	379	13.2	8.5	5998	4020
10	1.337	331	11.8	8.8	4243	3127

11	1.509	369	12.7	8.4	5989	4239
12	1.511	378	12.5	8.3	6552	4387
13	1.421	346	11.2	7.9	7578	3401
14	1.527	363	11.9	7.8	6726	4265
15	1.569	378	12.2	7.8	6211	4176
16	1.628	381	14.2	8.7	8198	6325
17	1.487	371	11.0	7.4	6454	4123
18	1.492	379	10.7	7.2	6672	4211
19	1.576	385	13.6	8.6	5214	3132
20	1.374	342	9.8	7.1	5338	3050
平均值	1.513	370	12.6	8.4	6332	4194
BOD /(mg/L)	SS /(mg/L)	VSS /(mg/L)	可沉降 SS/(mg/L)	氨氮 /(mg/L)	TN /(mg/L)	TP /(mg/L)
3175	2492	1474	1018	62.8	91.5	30
4132	3576	2531	1045	68.3	95.8	30.1
3077	2376	1422	954	59.2	86.9	30.3
2112	2089	1033	1056	64.1	92.3	29.1
3254	2498	1521	977	64.2	90.4	29.6
2321	2039	1198	841	63.2	91.7	30.2
1923	2453	1465	988	61.9	92.3	30.2
3221	2366	1275	1091	58.9	89.6	28.7
3308	2671	1542	1129	63.1	89.9	30.2
2295	2399	1568	831	62.6	90.5	30.1
3192	2332	1341	991	61.5	93.5	30.8
3256	2498	1321	1177	64.1	92.7	30.6
2421	2379	1499	880	63.4	92.4	30.7
3345	2497	1464	1033	66.2	94.7	30.4
3109	2398	1479	919	62.7	92.7	30.2

5029	2402	1432	970	63.3	89.6	29.3
3218	2511	1492	1019	57.1	87.4	30.5
3087	2683	1491	1192	63.1	91.2	28.7
2132	2558	1522	1036	62.8	93.1	30.2
1899	2613	1411	1202	63.9	91.7	30.1
3175	2492	1474	1017	62.8	91.5	30.0

1.3.3 晚餐垃圾

表 6-21 实验材料的组成（以样品 1 为例）

材料	残羹剩饭	豆角皮	玉米芯	莲藕	辣椒	白菜叶
含量/g	980	66.2	77.9	50.3	68.0	121.5
所占比例/%	50.49	3.41	4.01	2.59	3.50	6.26
材料	黄瓜	卷心菜	西瓜皮	绿豆皮	土豆皮	香蕉皮
含量/g	27	11	169.2	60.8	92.3	120.7
所占比例/%	1.39	0.57	8.72	3.13	4.76	6.22
材料	冬瓜皮	总垃圾				
含量/g	96.0	1940.9				
所占比例/%	4.95	100				

粉碎时间 $t=6\text{min}$

混合液体积 $V=17000\text{ml}$

混合液中最大颗粒直径 $\leq 5\text{mm}$ ，多数颗粒直径 $\leq 1\text{mm}$

表 6-22 氨氮浓度

水样体积 /ml	稀释倍数	吸光度	氨氮浓度 /(mg/L)	氨氮实际浓度 /(mg/L)
空白样	1	0	0	0
50	10	0.515	7.27	72.66
50	20	0.239	3.48	69.69

氨氮浓度选用稀释倍数为 10,20 的水样的平均值 71.20mg/L 。

表 6-23 磷酸盐浓度

水样体积 /ml	稀释倍数	吸光度	磷酸盐浓度 /(mg/L)	磷酸盐实际浓度 /(mg/L)
空白样	1	0	0	0
25	5	0.571	5.55	27.77
25	10	0.288	2.74	27.43
25	20	0.144	1.31	26.24

总磷浓度选用稀释倍数为 5,10,20 的水样的平均值 27.15 mg/L。

表 6-24 总磷浓度

水样体积 /ml	稀释倍数	吸光度	总磷浓度 /(mg/L)	总磷实际浓度 /(mg/L)
空白样	1	0	0	0
25	10	0.380	3.66	36.57
25	20	0.190	1.77	35.38

总磷浓度选用稀释倍数为 10,20 的水样的平均值 35.97 mg/L。

表 6-25 总氮浓度

水样体积 /ml	稀释倍数	吸光度	总氮浓度 /(mg/L)	总氮实际浓度 /(mg/L)
空白样	1	0	0	0
10	2	0.699	48.49	96.97
10	5	0.286	19.76	98.82

总氮浓度选用稀释倍数为 5,10,20 的水样的平均值 97.90 mg/L。

表 6-26 SS 浓度

滤纸编号	烘干后重 /g	过滤烘干 后重/g	马弗炉加热后重 /g	水样体积 /ml
1	0.9719	1.1114	1.0258	50
2	0.9894	1.1316	1.0446	50

滤纸编号	SS 净重 /g	SS 浓度 /(mg/L)	VSS 浓度 /(mg/L)	可沉降 SS /(mg/L)
1	0.1395	2790	1712	1078
2	0.1422	2844	1740	1104

SS 取平均值 2817 mg/L，VSS 取平均值 1726 mg/L，可沉降 SS 取 1091 mg/L。

表 6-27 COD 浓度值

编号	稀释倍数	硫酸亚铁铵用量 /ml	COD 值 /(mg/L)	实际 COD 值 /(mg/L)
空白	1	12.30	0	0
1	10	6.10	486.08	4861
2	20	9.40	227.36	4547
3	50	11.10	94.08	4704

COD 取平均值 4704 mg/L。

表 6-28 溶解性 COD 浓度值

编号	稀释倍数	硫酸亚铁铵用量 /ml	COD 值 /(mg/L)	实际 COD 值 /(mg/L)
空白	1	11.90	0	0
1	10	7.40	352.80	3528
2	20	9.90	156.80	3136

溶解性 COD 取平均值 3332 mg/L。

表 6-29 BOD₅ 浓度

时间 读数	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	稀释 倍数	BOD ₅ 实际浓度 /(mg/L)
BOD ₅	95	160	210	240	250	10	2500

BOD_5	35	70	95	105	110	20	2200
---------	----	----	----	-----	-----	----	------

BOD_5 取平均值 2350mg/L。

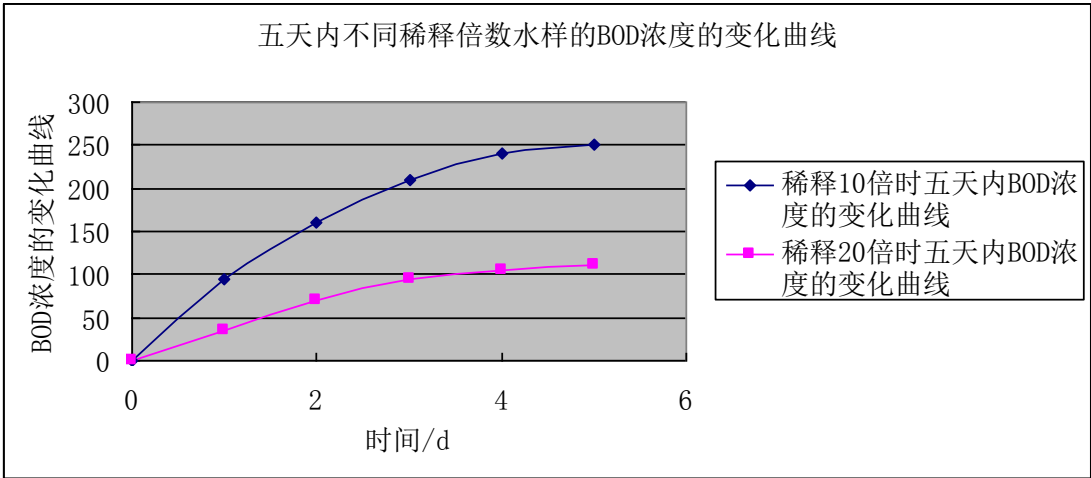


图 6-3 五天内不同稀释倍数水样的 BOD 浓度的变化曲线

表 6-30 出水水质指标一览表

水质指标	COD	BOD_5	SS	TN	NH_3-N	TP
数值/(mg/L)	4704	2350	2817	97.9	71.2	36.0

为增强数据的可信度，晚餐餐厨垃圾共做了 20 组平行实验。实验数据汇总如下：

表 6-31 晚餐餐厨垃圾处理后的水质水量

编号	垃圾量 /kg	粉碎时间 /s	混合液体 积/L	耗水量 /（L/kg）	COD /(mg/L)	溶解性 COD/(mg/L)
1	1.941	360	17.0	8.76	4704	3332
2	1.543	310	12.4	8.01	3500	2012
3	1.342	299	11.0	8.23	3567	2211
4	1.675	335	13.8	8.25	6001	4656
5	1.874	351	15.0	8.01	6766	5321
6	1.577	320	13.6	8.62	3593	2373
7	1.443	300	10.6	7.32	4073	2608
8	1.621	336	11.5	7.11	5555	4204

9	1.432	296	10.4	7.29	3392	2215
10	1.532	316	11.6	7.56	4167	3021
11	1.698	341	13.6	8.02	5796	4567
12	1.549	317	12.9	8.32	3812	2456
13	1.602	339	12.5	7.78	4872	3390
14	1.712	348	13.7	7.98	6598	5100
15	1.643	340	12.4	7.54	5043	3697
16	1.548	313	12.5	8.09	4676	3229
17	1.611	346	13.4	8.31	4712	3278
18	1.482	299	11.3	7.64	3698	2371
19	1.655	337	12.7	7.68	5756	4309
20	1.324	264	10.8	8.17	3804	2294
平均值	1.590	323	12.6	7.93	4704	3332
BOD /(mg/L)	SS /(mg/L)	VSS /(mg/L)	可沉降 SS/(mg/L)	氨氮 /(mg/L)	TN /(mg/L)	TP /(mg/L)
2350	2817	1726	1091	71.2	97.9	36.1
1134	2900	1880	1109	69.9	98.1	37.2
1237	2765	1745	1054	69.8	97.2	37.3
3863	2766	1652	1098	68.3	97.5	37.3
4478	2981	1900	1211	70.2	97.6	33.1
1217	2769	1789	1033	68.7	96.5	35.4
1378	2898	1700	1121	69.5	96.4	36.5
3276	2776	1655	978	72.1	97.9	37.2
1202	2865	1700	1023	69.2	97.8	34.2
2091	2799	1532	1065	69.3	98.2	38.7
3272	2813	1722	1102	70.4	98.3	37.5
1112	2872	1701	1098	70.7	97.9	36.2
2332	2831	1792	1196	69.3	97.4	37.1

4018	2898	1708	1103	68.3	97.5	37.1
2565	2844	1742	1105	68.2	97.2	38.7
2432	2675	1673	1104	68.6	96.8	38.4
2307	2679	1687	1092	69.2	96.1	35.9
1465	2843	1765	1133	69.1	95.4	34.3
3731	2802	1742	1106	69.7	97.9	35.2
1544	2754	1699	997	69.2	95.6	34.7
2350	2817	1726	1091	69.5	97.3	36.4

表 6-32 单个家庭每天餐厨垃圾处理后的水质水量

项目	垃圾量 /kg	耗水量 /L	COD /(mg/L)	溶解性 COD/(mg/L)	BOD /(mg/L)
早餐后指标	0.6	2.7	2548	1773	1276
午餐后指标	1.5	12.71	6332	4194	3175
晚餐后指标	1.6	12.64	4704	3332	2350
每天平均值	3.71	27.94	5230	3570	2618
SS /(mg/L)	VSS /(mg/L)	可沉降 SS/(mg/L)	氨氮 /(mg/L)	TN /(mg/L)	TP /(mg/L)
1222	758	464	57.2	73.8	13.1
2492	1474	1017	62.8	91.5	30.0
2817	1726	1091	69.5	97.3	36.4
2516	1519	997	65.3	92.4	31.1

2 不同预破碎度的影响

2.1 实验材料

香蕉皮

2.2 实验操作

(1)选取色泽大小相近的香蕉皮，将其切成大小不同的四份，一式三份。量取尺寸及称重。

(2)先把水池里的塞子拔出来，打开水龙头，使水流保持适中，按动按钮，然后把四份香蕉皮分批次塞进下水口，安装于水槽下部、并与排水管相连的机器“滋滋”震动，借助高速旋转而产生的离心力，香蕉皮被打碎，几秒钟后浑浊的水从排水管流出，绞碎的香蕉皮就溶解在里面，直到香蕉皮被完全打碎为止。

(3)下一批次重新按 2)测试。

(4)记录每次从打开到关闭水龙头的时间，量取集水桶中混合液的体积，并观察测量混合液中颗粒的直径大小。

(5)重复 2)的操作,但关闭水龙头的时间以排水管的出水澄清为止。以下同 4)。

(6)记录每次从打开到关闭水龙头的时间，量取集水桶中混合液的体积，并观察测量混合液中颗粒的直径大小。

(7)取 500ml 水样，简单测其各项水质参数如 COD, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, $\text{NH}_3\text{-N}$ 等的浓度值。

2.3 实验现象

搁置 10min 后，四份水样混合液颜色依次变淡，但相差度不太明显。四份水样混合液随垃圾处理前破碎度的增大，颗粒度均一性逐渐增强。混合液中最大颗粒直径 $\leq 5\text{mm}$ ，多数颗粒直径 $\leq 1\text{mm}$ 。其中，4 号水样均一性最好，几乎所有的颗粒直径都 $\leq 1\text{mm}$ 。

2.4 实验数据

表 6-33 香蕉皮大小

编号	1	2	3	4
----	---	---	---	---

尺寸/cm	15*3*0.5	10*3*0.5	8*3*0.5	5*3*0.5
质量/g	56.6035	56.4322	56.2343	56.7321
粉碎时间/s	60	500	430	34
混合液体积/ml	4900	3900	3200	2900

四份样品混合液中最大颗粒直径 $\leq 5\text{mm}$ ，多数颗粒直径 $\leq 1\text{mm}$ 。

表 6-34 氨氮测试浓度

水样体积 /ml	稀释倍数	吸光度	氨氮浓度 /(mg/L)	氨氮实际浓度 /(mg/L)
空白样	1	0	0	0
50	10	0.652	9.14	91.42
50	20	0.309	4.44	88.87
50	10	0.414	5.88	58.82
50	20	0.189	2.80	55.99
50	10	0.321	4.61	46.01
50	20	0.152	2.29	45.85
50	10	0.236	3.44	34.43
50	20	0.107	1.68	33.52

表 6-35 各水样的氨氮浓度

编号	氨氮浓度	香蕉皮长度
1	90.15	15
2	57.40	10
3	45.96	8
4	33.98	5

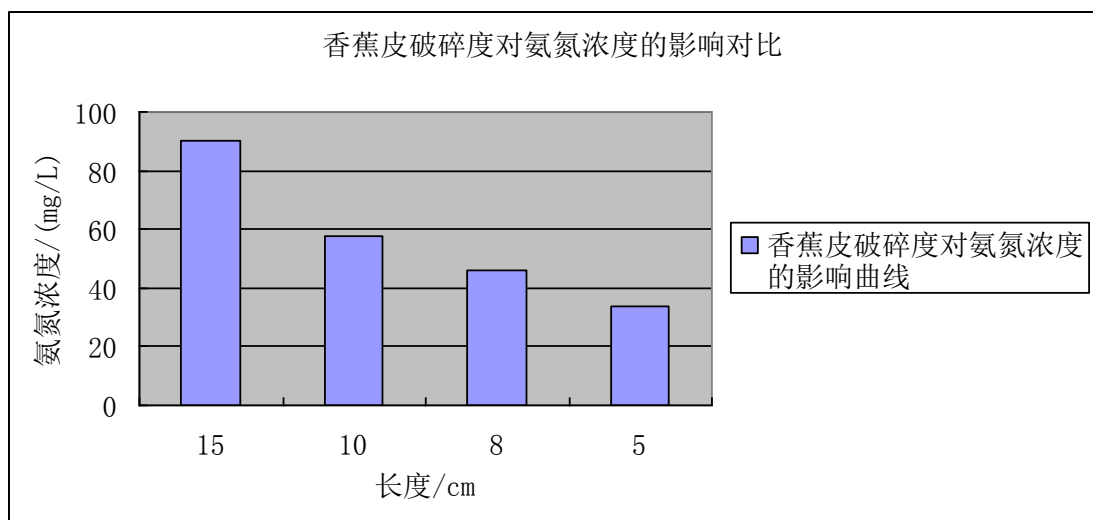


图 6-4 香蕉皮破碎度对氨氮浓度的影响对比

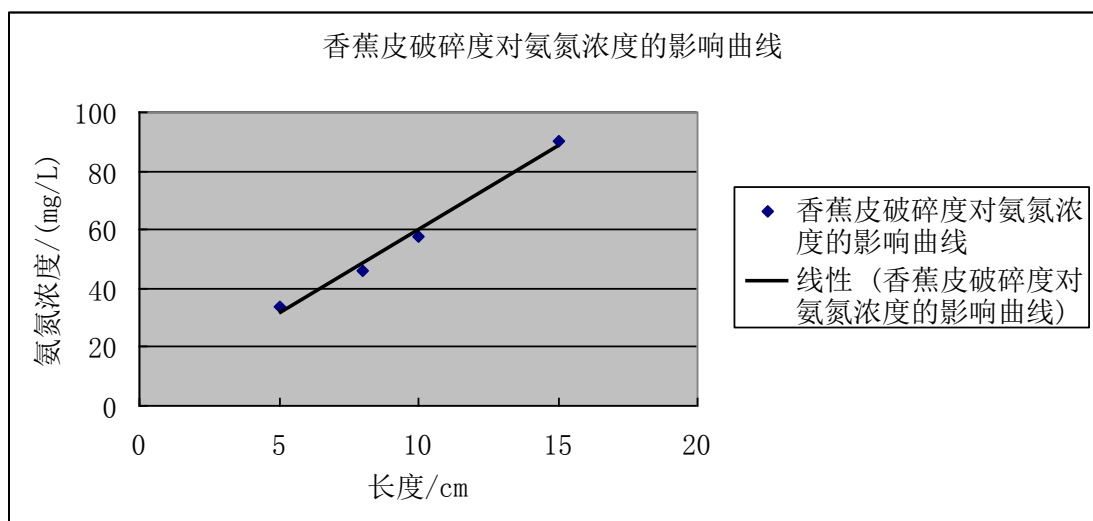


图 6-5 香蕉皮破碎度对氨氮浓度的影响曲线

表 6-36 磷酸盐测试浓度

水样体积 /ml	稀释倍数	吸光度	磷酸盐浓度 /(mg/L)	磷酸盐实际浓度 /(mg/L)
空白样	1	0	0	0
25	1	0.693	6.77	6.77
25	5	0.146	1.33	6.66
25	10	0.073	0.61	6.06
25	1	0.257	2.43	2.43
25	5	0.068	0.56	2.78

25	10	0.036	0.24	2.39
25	1	0.196	1.83	1.83
25	1	0.107	0.94	0.94

表 6-37 各水样的磷酸盐浓度

编号	磷酸盐浓度	香蕉皮长度
1	6.50	15
2	2.54	10
3	1.83	8
4	0.94	5

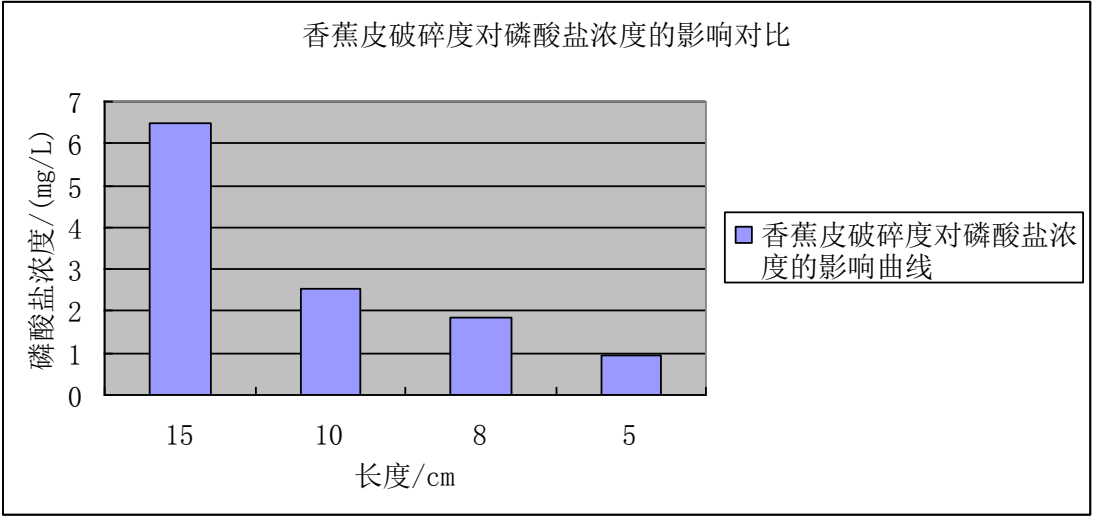


图 6-6 香蕉皮破碎度对磷酸盐浓度的影响对比

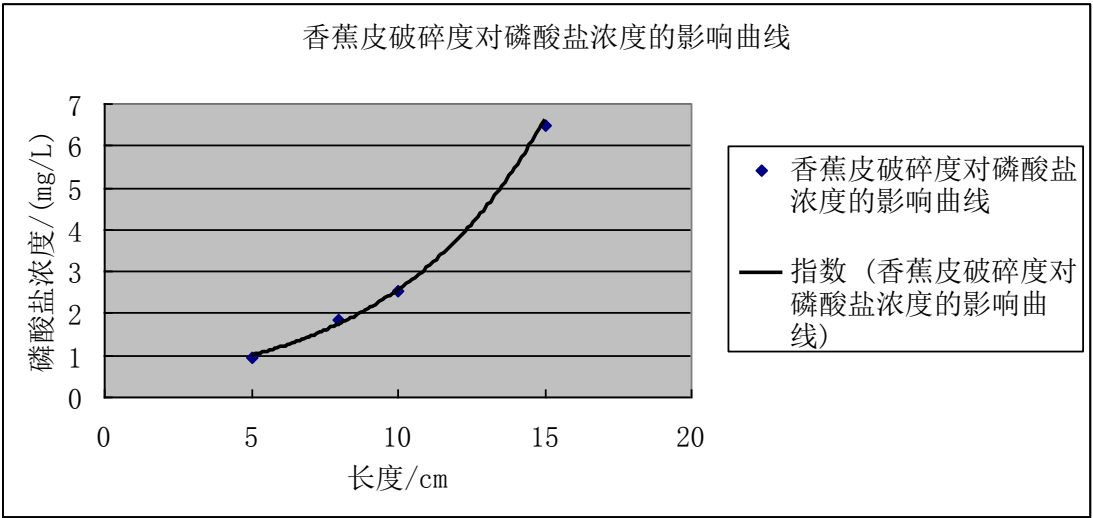


图 6-7 香蕉皮破碎度对磷酸盐浓度的影响曲线

表 6-38 COD 的测试浓度值

编号	稀释倍数	硫酸亚铁铵用量 /ml	COD 值 /(mg/L)	实际 COD 值 /(mg/L)
空白样	1	13.71	0	0
1	20	7.99	31.71	634
2	20	9.81	21.62	432
3	20	10.52	17.68	354
4	20	11.13	14.30	286

表 6-39 各水样的 COD 浓度值

编号	COD 浓度	香蕉皮长度
1	223	15
2	181	10
3	135	8
4	113	5

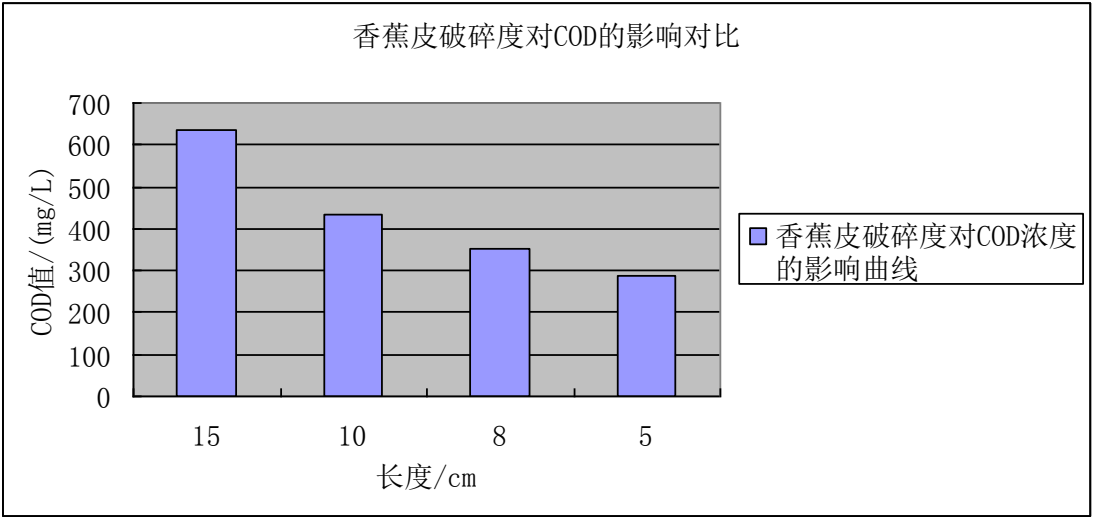


图 6-8 香蕉皮破碎度对 COD 的影响对比

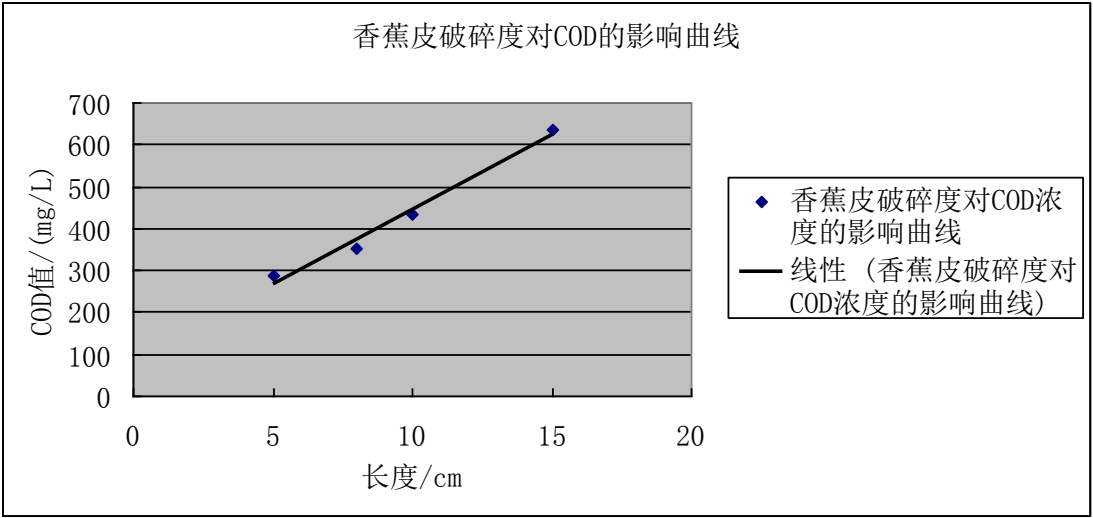


图 6-9 香蕉皮破碎度对 COD 的影响曲线

2.5 平行实验

为确定预破碎度对不同水质指标影响规律，进行了菜叶类相似实验，数据如下：

表 6-40 菜叶大小

编号	1	2	3	4
尺寸/cm	10*10*0.1	8*8*0.1	6*6*0.1	3*3*0.1
质量/g	20.2135	19.9975	20.0812	20.1131
粉碎时间/s	40	35	31	24
混合液体积/ml	2300	1900	1400	1000

表 6-41 氨氮测试浓度

水样体积 /ml	稀释倍数	吸光度	氨氮浓度 /(mg/L)	氨氮实际浓度 /(mg/L)
空白样	1	0	0	0
50	1	0.614	8.62	8.62
50	5	0.102	1.61	8.04
50	1	0.423	6.01	6.01
50	5	0.078	1.28	6.39

50	1	0.302	4.35	4.43
50	5	0.047	0.85	4.27
50	1	0.178	2.65	2.65
50	5	0.022	0.51	2.56

表 6-42 各水样的氨氮浓度

编号	氨氮浓度	菜叶长度
1	8.33	10
2	6.20	8
3	4.31	6
4	2.60	3

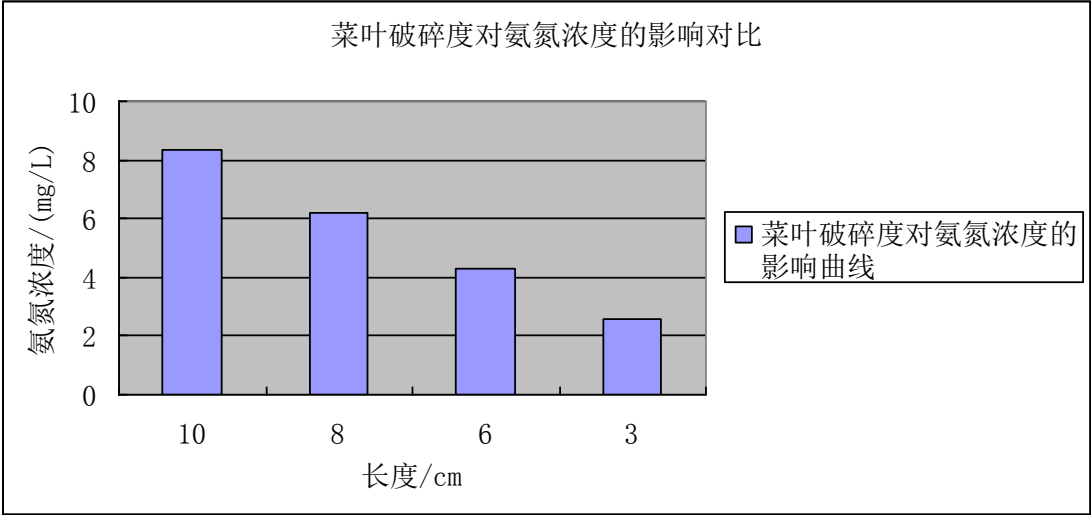


图 6-11 菜叶破碎度对氨氮浓度的影响对比

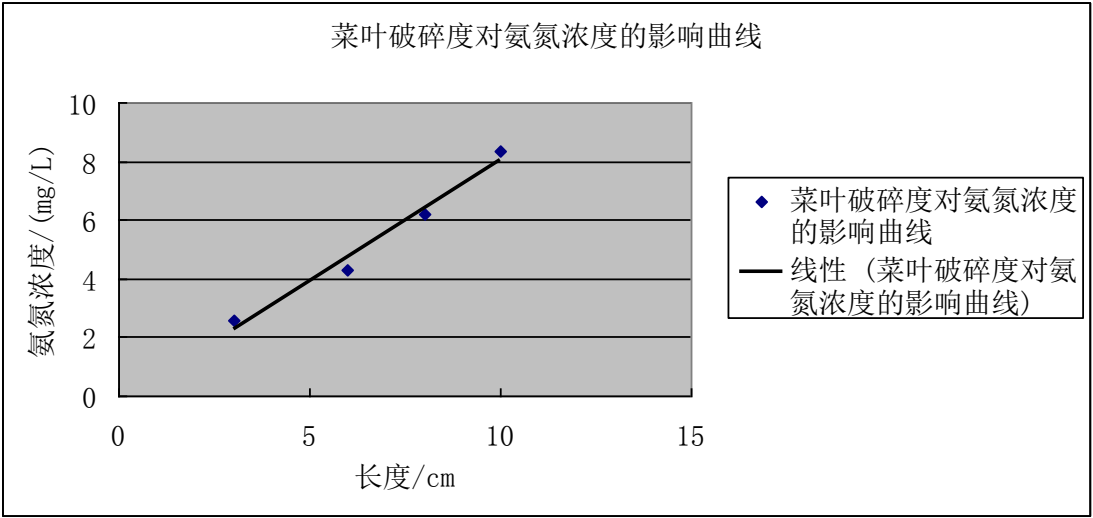


图 6-12 菜叶破碎度对氨氮浓度的影响曲线

表 6-43 磷酸盐测试浓度

水样体积 /ml	稀释倍数	吸光度	磷酸盐浓度 /(mg/L)	磷酸盐实际浓度 /(mg/L)
空白样	1	0	0	0
25	1	0.306	2.92	2.92
25	5	0.067	0.55	2.73
25	1	0.098	0.85	0.85
25	5	0.029	0.17	0.85
25	1	0.076	0.64	0.64
25	1	0.041	0.29	0.29

表 6-44 各水样的磷酸盐浓度

编号	磷酸盐浓度	菜叶长度
1	2.83	10
2	0.85	8
3	0.64	6
4	0.29	3

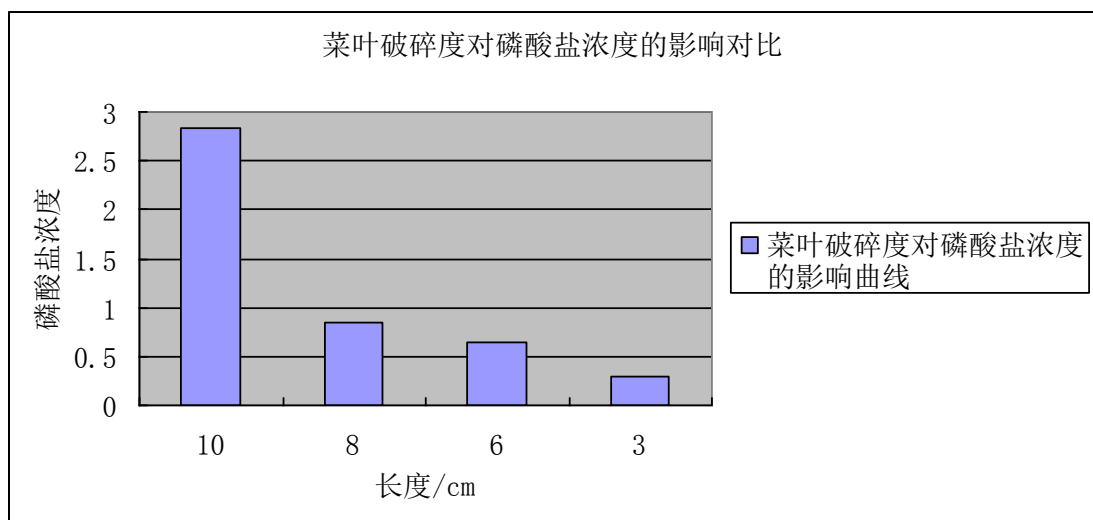


图 6-13 菜叶破碎度对磷酸盐浓度的影响对比

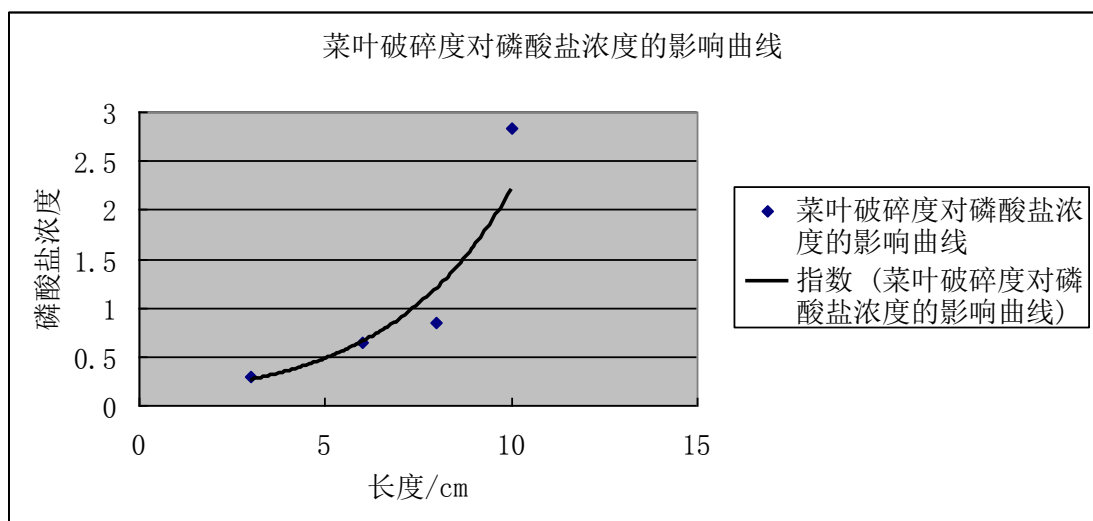


图 6-14 菜叶破碎度对磷酸盐浓度的影响曲线

表 6-45 COD 测试浓度值

编号	稀释倍数	硫酸亚铁铵用量 /ml	COD 值 /(mg/L)	实际 COD 值 /(mg/L)
空白样	1	13.71	0	0
1	5	5.67	44.56	223
2	5	7.19	36.14	181
3	5	8.83	27.05	135
4	5	9.63	22.61	113

表 6-46 各水样的 COD 浓度值

编号	COD 浓度	菜叶长度
1	223	10
2	181	8
3	135	6
4	113	3

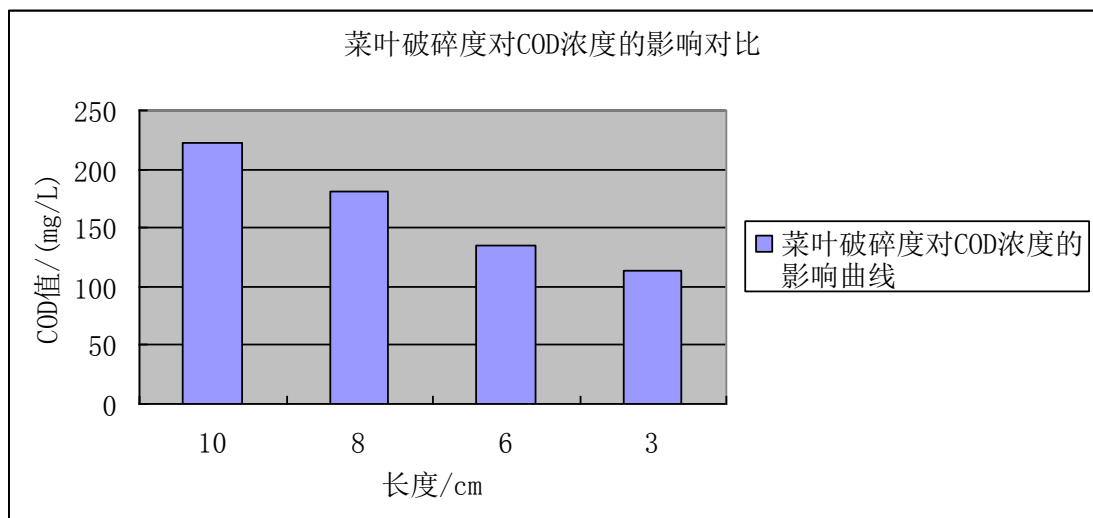


图 6-15 菜叶破碎度对 COD 浓度的影响对比

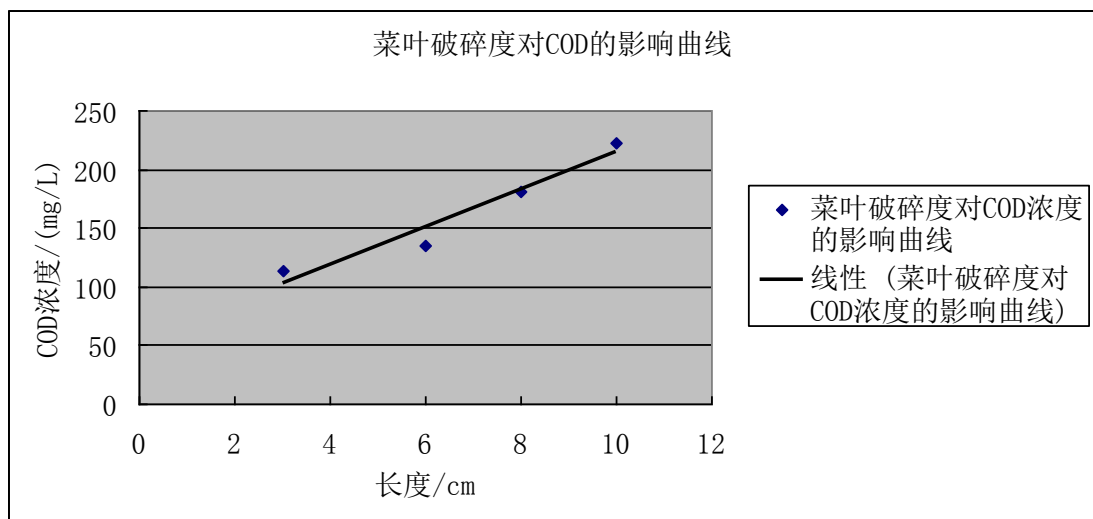


图 6-16 菜叶破碎度对磷酸盐浓度的影响曲线

附 7：垃圾部分实验记录

七月份垃圾统计情况

第 1 周的统计结果如下：

表 7-1 单个家庭产生垃圾情况（取平均值）

时间 类别	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日
餐厨垃圾 /kg	3.83	1.46	2.58	4.39	2.67	4.20	2.41
其他垃圾 /kg	1.18	0.52	0.23	1.74	1.01	0.73	0.45
生活垃圾 /kg	5.01	1.98	2.81	6.13	3.68	4.93	2.86
餐厨垃圾比重 /%	76.4	73.7	91.8	71.6	72.6	85.2	84.3

餐厨垃圾占生活垃圾的平均比重为 79.4%。

第 2 周的统计结果如下：

表 7-2 单个家庭产生垃圾情况（取平均值）

时间 类别	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日
餐厨垃圾 /kg	3.11	1.54	2.88	3.45	3.31	4.21	2.32
其他垃圾 /kg	0.44	0.53	0.31	0.78	0.96	1.03	0.37
生活垃圾 /kg	3.55	2.07	3.19	4.23	4.27	5.24	2.69
餐厨垃圾比重 /%	87.61	74.40	90.28	81.56	77.52	80.34	86.25

/%							
----	--	--	--	--	--	--	--

餐厨垃圾占生活垃圾的平均比重为 82.6%。

第 3 周的统计结果如下：

表 7-3 单个家庭产生垃圾情况（取平均值）

时间 类别	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日
餐厨垃圾 /kg	2.87	2.67	2.98	3.62	3.26	4.05	4.02
其他垃圾 /kg	0.53	0.44	0.32	0.98	0.99	1.01	0.35
生活垃圾 /kg	3.4	3.11	3.3	4.6	4.25	5.06	4.37
餐厨垃圾比重 /%	84.41	85.85	90.30	78.70	76.71	80.04	91.99

餐厨垃圾占生活垃圾的平均比重为 84.0%。

第 4 周的统计结果如下：

表 7-4 单个家庭产生垃圾情况（取平均值）

时间 类别	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日
餐厨垃圾 /kg	3.12	2.58	2.77	3.42	3.76	3.35	3.65
其他垃圾 /kg	0.63	0.54	0.65	1.18	0.97	1.01	0.46
生活垃圾 /kg	3.75	3.12	3.42	4.6	4.73	4.36	4.11
餐厨垃圾比重 /%	83.20	82.69	80.99	74.35	79.49	76.83	88.81

餐厨垃圾占生活垃圾的平均比重为 80.9%。

综上，七月份餐厨垃圾占生活垃圾的平均比重为 81.7%。

八月份垃圾统计情况

垃圾统计在 2010 年 8 月继续进行，为期一个月。统计家庭 30 家。

第 1 周的统计结果如下：

表 7-5 单个家庭产生垃圾情况（取平均值）/kg

时间 类别	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日
餐厨垃圾	3.53	4.92	3.07	3.11	3.97	2.76	4.67
其他垃圾	1.05	0.29	0.92	0.7	0.99	0.78	1.15
生活垃圾	4.58	5.21	3.99	3.81	4.96	3.54	5.82
餐厨垃圾比重	77.07	94.43	76.94	81.63	80.04	77.97	80.24

第 2 周的统计结果如下：

表 7-6 单个家庭产生垃圾情况（取平均值）/kg

时间 类别	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日
餐厨垃圾	3.11	2.75	3.92	3.85	3.47	4.21	4.62
其他垃圾	0.87	1	1.05	0.63	0.54	0.92	0.87
生活垃圾	3.98	3.75	4.97	4.48	4.01	5.13	5.49
餐厨垃圾比重	78.14	73.33	78.87	85.94	86.53	82.01	84.15

第 3 周的统计结果如下：

表 7-7 单个家庭产生垃圾情况（取平均值）/kg

时间 类别	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日
餐厨垃圾	3.18	3.02	3.98	3.62	3.26	4.25	4.32
其他垃圾	1.03	0.97	0.85	0.4	0.65	0.84	1.04
生活垃圾	4.21	3.99	4.83	4.02	3.91	5.09	5.36

餐厨垃圾比重	75.53	75.69	82.40	90.05	83.38	83.50	80.60
--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

第 4 周的统计结果如下：

表 7-8 单个家庭产生垃圾情况（取平均值）/kg

时间 类别	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日
餐厨垃圾	2.59	3.58	3.77	3.63	3.76	4.35	4.15
其他垃圾	0.77	1.2	1.08	0.59	0.6	0.78	0.86
生活垃圾	3.36	4.78	4.85	4.22	4.36	5.13	5.01
餐厨垃圾比重	77.08	74.90	77.73	86.02	86.24	84.80	82.83

居民生活垃圾成分如下：

表 7-9 生活垃圾成分表（取单个家庭平均值）/kg

成分 编号	餐厨垃圾	果类垃圾	塑料垃圾	纸类垃圾	其他	生活垃圾 总重
1	2.52	1.01	0.51	0.42	0.12	4.58
2	3.24	1.68	0.19	0.09	0.01	5.21
3	2.01	1.06	0.54	0.31	0.07	3.99
4	2.12	0.99	0.39	0.29	0.02	3.81
5	2.78	1.19	0.47	0.44	0.08	4.96
6	1.99	0.77	0.41	0.27	0.1	3.54
7	3.08	1.59	0.49	0.57	0.09	5.82
8	2.32	0.79	0.34	0.46	0.07	3.98
9	2.11	0.64	0.41	0.41	0.18	3.75
10	2.76	1.16	0.48	0.39	0.18	4.97
11	2.87	0.98	0.39	0.22	0.02	4.48
12	2.61	0.86	0.32	0.21	0.01	4.01
13	3.39	0.82	0.51	0.33	0.08	5.13
14	3.58	1.04	0.47	0.36	0.04	5.49

15	2.62	0.56	0.41	0.52	0.1	4.21
16	2.13	0.89	0.46	0.43	0.08	3.99
17	2.52	1.46	0.39	0.32	0.14	4.83
18	2.81	0.81	0.28	0.11	0.01	4.02
19	2.25	1.01	0.33	0.22	0.1	3.91
20	3.27	0.98	0.43	0.29	0.12	5.09
21	3.19	1.13	0.49	0.38	0.17	5.36
22	1.84	0.75	0.32	0.31	0.14	3.36
23	2.33	1.25	0.46	0.54	0.2	4.78
24	2.59	1.18	0.53	0.48	0.07	4.85
25	2.68	0.95	0.29	0.24	0.06	4.22
26	2.24	1.52	0.31	0.25	0.04	4.36
27	3.49	0.86	0.39	0.32	0.07	5.13
28	3.51	0.64	0.44	0.28	0.14	5.01
平均值	2.67	1.02	0.41	0.34	0.09	4.53
在生活垃圾 中的比重/%	59	22.5	9	7.5	2	100

综上，八月份生活垃圾人均日产量为 1.51kg，其中食物垃圾的人均日产量为 1.23kg，占生活垃圾的平均比重 81.5%。

表 7-10 生活垃圾各指标

编号	低位热值 /(KJ/kg)	含水率 /%	有机质 /%	灰分 /%
1	4049	89.2	90.5	4.41
2	3890	79.2	93.2	4.97
3	3350	69.9	86.5	11.39
4	3797	78.5	99.2	2.38
5	3560	69.9	91.1	8.98

6	3554	63.2	97.7	9.86
7	3659	76.3	99.7	2.3
8	3290	49.8	58.7	17.9
9	3100	93.9	96.8	3.32
10	3350	33.1	97.1	2.92
11	4300	79.9	97.6	4.37
12	3220	83.3	98.9	8.32
13	4105	60.7	94.9	2.76
14	3900	79.8	60.3	26.89
15	3830	75.1	57.2	14.2
16	3769	89.9	50.6	33.2
17	4306	78.8	66.9	2.19
18	3560	73.8	91.2	2.29
19	4198	75.5	95.2	3.38
20	3766	67.9	91.2	3.64
21	3990	72.3	88.6	10.38
22	4122	72.3	94.4	2.45
23	3350	66.8	92.2	5.38
24	3770	71.4	93.9	3.27
25	4006	69.5	95.3	3.22
26	3802	80.6	96.2	3.27
27	3555	79.8	98.2	1.38
28	3669	75.4	92.5	4.32
平均值	3743	73.4	88.1	7.26

表 7-11 餐厨垃圾各指标

编号	低位热值 /(KJ/kg)	含水率 /%	有机质 /%	灰分 /%
----	------------------	-----------	-----------	----------

1	898	88.8	91.2	5.45
2	856	87.7	90.7	4.42
3	990	93.1	89.9	10.26
4	810	68.8	91.3	2.77
5	952	90.4	93.9	8.81
6	1421	78.7	95.4	2.36
7	889	85.6	98.9	2.23
8	1410	59.4	22.5	15.1
9	860	97.9	98.7	2.21
10	880	55.6	96.2	6.53
11	1522	81.1	99.3	4.84
12	989	89.9	96.6	4.38
13	1526	34.8	96.4	2.42
14	1120	75.8	53.8	26
15	870	83.2	63.4	14.67
16	799	84.7	42.3	36.1
17	1320	90.7	69.7	3.46
18	812	93.9	95.5	2.31
19	883	98.4	93.9	8.52
20	1021	86.4	95.1	7.63
21	1121	90.4	90.4	7.81
22	882	95.6	93.9	4.81
23	955	81.4	93.9	8.81
24	820	97.1	94.2	2.81
25	866	89.8	91.7	4.81
26	811	89.9	95.3	2.25
27	796	95.3	93.9	3.69
28	800	91.7	95.9	3.43

平均值	996	84.1	86.6	7.46
-----	-----	------	------	------

表 7-12 剩余垃圾各指标

编号	低位热值 /(KJ/kg)	含水率 /%	有机质 /%	灰分 /%
1	15220	32.5	98.1	3.36
2	12220	37.9	98.7	2.98
3	14780	12.7	97.2	7.3
4	15002	28.7	94.1	2.01
5	13390	89.6	95.2	2.21
6	12290	78.6	98.7	10.7
7	13320	19.9	99.7	2.01
8	15500	22.9	98.8	1.08
9	10255	7.59	57.4	5.02
10	14320	14.3	93.2	2.29
11	15540	10.38	97.1	2.29
12	12290	21.3	98.7	10.7
13	16660	44.3	93.1	2.29
14	16550	32.2	94.5	2.46
15	14300	12.4	96.7	3.72
16	17000	33.1	99.1	1.09
17	16890	39.9	83.4	1.22
18	12340	76	61.6	1.87
19	15332	44.3	97.6	5.11
20	14330	42.5	92.3	2.28
21	11335	50.7	84.8	2.31
22	16440	45.7	96.8	2.99
23	12000	45.7	89.8	10.03

24	15500	44.2	93.8	4.56
25	17730	32.5	98.6	4.54
26	15022	37.5	97.3	2.12
27	13307	49.8	93.2	5.81
28	17768	37.6	99.8	5.01
平均值	14532	37.3	92.8	3.91

对 30 户典型家庭进行实地调研，前五天取样时，先将其均分为两份以取平行样，然后对其简单分类，其中一份的餐厨垃圾分别取出 1%，5%，10%，100%，剩余垃圾送交嘉定污水处理厂混匀，测其各项理化性质指标；另一份直接混匀测各项理化性质指标。

表 7-13 食物垃圾处理器不同普及率下样品 1 中生活垃圾各指标

指标 普及率	低位热值 /(KJ/kg)	含水率 /%	有机质 /%	灰分 /%
1%	4045	76	90.5	4.59
5%	4183	75.2	90.6	4.58
10%	4328	74.9	90.7	4.57
100%	16898	30.1	95.9	3.69

表 7-14 食物垃圾处理器不同普及率下样品 2 中生活垃圾各指标

指标 普及率	低位热值 /(KJ/kg)	含水率 /%	有机质 /%	灰分 /%
1%	3915	77.1	89.2	5.97
5%	4019	77	89.3	5.95
10%	4159	76.7	89.3	5.93
100%	14399	31.4	94.7	5.11

表 7-15 食物垃圾处理器不同普及率下样品 3 中生活垃圾各指标

指标 普及率	低位热值 /(KJ/kg)	含水率 /%	有机质 /%	灰分 /%
1%	3469	67.1	85.5	11.4
5%	3505	66.9	85.6	11.37
10%	3594	66.6	85.6	11.36
100%	15917	12.1	93.3	10.36

表 7-16 食物垃圾处理器不同普及率下样品 4 中生活垃圾各指标

指标 普及率	低位热值 /(KJ/kg)	含水率 /%	有机质 /%	灰分 /%
1%	3822	77.1	88.3	5.38
5%	3924	76.9	88.4	5.37
10%	4062	75.4	88.4	5.36
100%	15918	28.1	94.3	4.68

表 7-17 食物垃圾处理器不同普及率下样品 5 中生活垃圾各指标

指标 普及率	低位热值 /(KJ/kg)	含水率 /%	有机质 /%	灰分 /%
1%	3581	69.2	87.1	8.98
5%	3671	69	87.2	8.96
10%	3791	68.8	87.2	8.95
100%	15917	30.3	95.2	8.08

表 7-18 未使用食物垃圾处理器前生活、餐厨及剩余垃圾各指标

指标 种类	低位热值 /(KJ/kg)	含水率 /%	有机质 /%	灰分 /%
生活垃圾	3743	73.4	88.1	7.26
餐厨垃圾	996	84.1	86.6	7.46

剩余垃圾	14532	37.3	92.8	3.91
------	-------	------	------	------

表 7-19 食物垃圾处理器不同普及率下生活垃圾各指标

指标 普及率	低位热值 /(KJ/kg)	含水率 /%	有机质 /%	灰分 /%
1%	3766	73.3	88.1	7.26
5%	3860	73.0	88.2	7.25
10%	3987	72.5	88.2	7.24
100%	15810	26.4	94.7	6.38

表 7-20 食物垃圾处理器不同普及率下生活垃圾各指标增量

指标 普及率	低位热值 /(KJ/kg)	含水率 /%	有机质 /%	灰分 /%
1%	23	-0.1	0	0
5%	117	-0.4	0.1	-0.01
10%	244	-0.9	0.1	-0.02
100%	12067	-47	6.6	-0.88

现场试验照片：



图 7-1 垃圾取样照片



图 7-2 垃圾分拣照片



图 7-3 厨余垃圾混合样

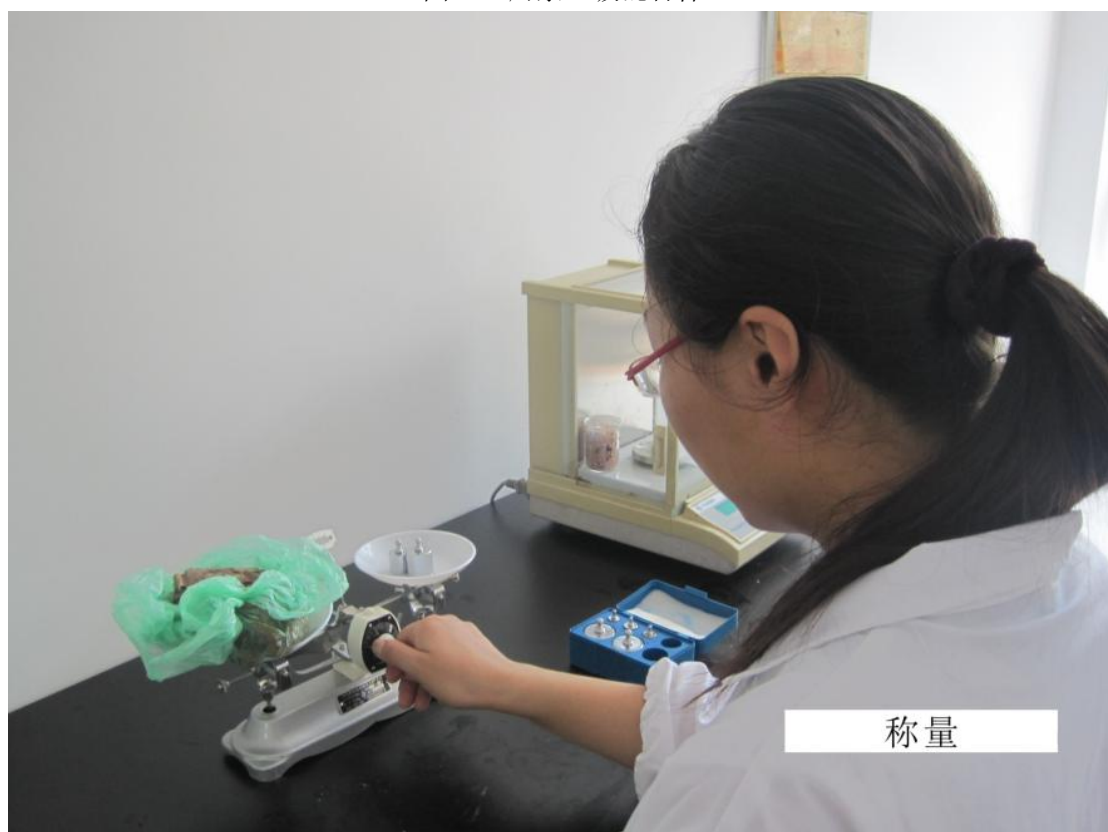


图 7-4 称量照片



图 7-4 现场粉碎实验照片



图 7-4 测氮氮照片



图 7-4 测 BOD 实验照片



图 7-4 测总磷实验照片

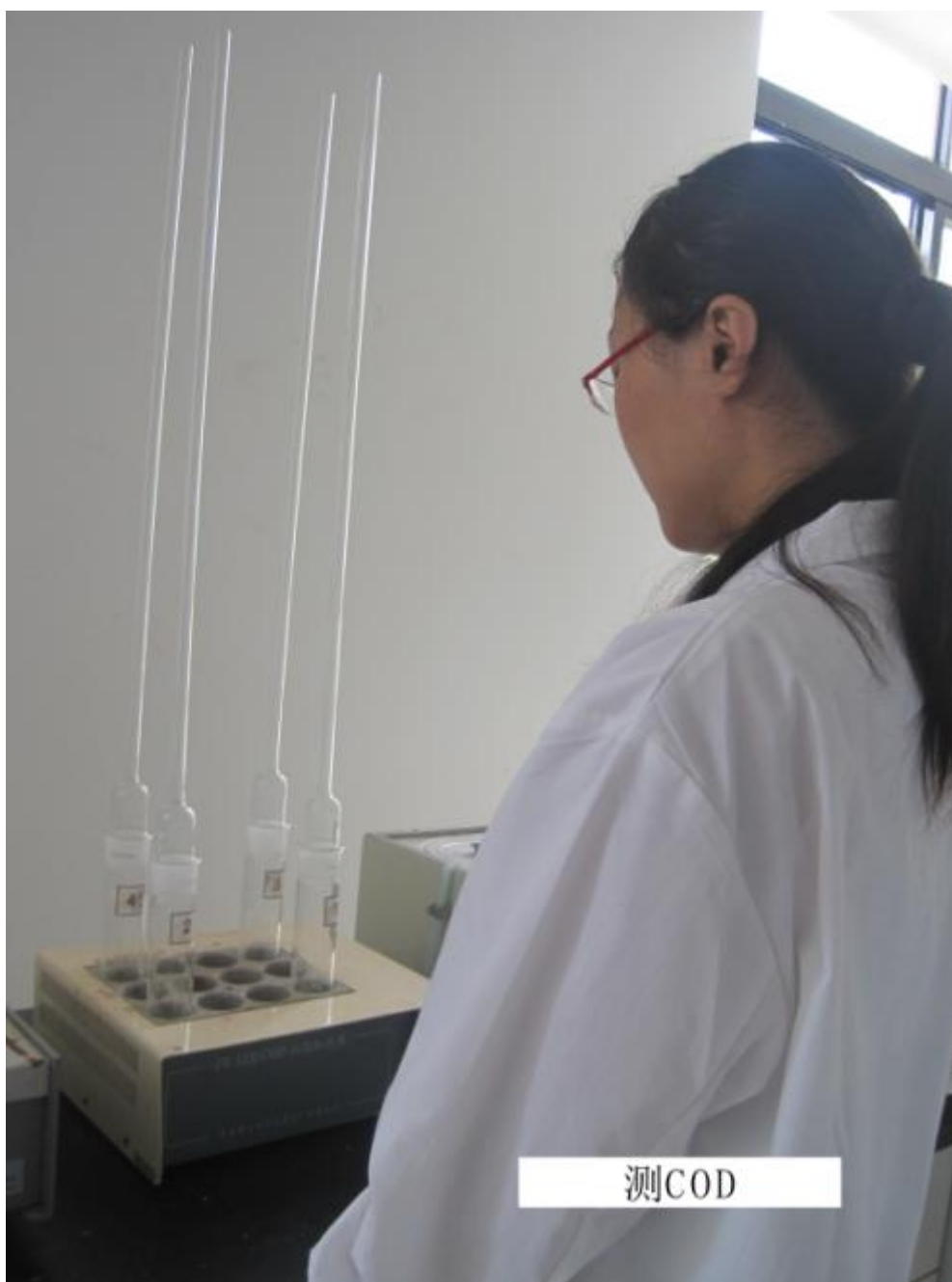


图 7-4 测 COD 实验照片



图 7-4 测热值照片



图 7-5 测热值照片

附 8：生活垃圾各项指标测定方法

一、城市生活垃圾有机质的测定 灼烧法（CJ/T96-1999）

1、样品的采集与制备

在制备有机质分析试样时，应剔除塑料等不活性物质。

2、原理

垃圾中的有机质可视为 600℃ 高温灼烧失重。

3、仪器

a)马弗炉； b)25ml 瓷坩埚； c)分析天平； d)干燥器。

4、操作步骤

称取 2.0g 试样，精确至 0.0001g，置于已恒重的瓷坩埚中（坩埚空烧 2h）。将坩埚放入马弗炉中升温至 600℃，恒温 6~8h 后取出坩埚移入干燥器中，冷却后称重，再将坩埚重新放入马弗炉中同样温度下灼烧 10min，同样冷却称重，直到恒重。

5、分析结果的表述

有机质的含量 c （%）按下式计算：

$$C = \frac{m_1 - m_2}{m_{\text{样}}(1 + c_i)} \times 100$$

式中： c ——试样中有机质的含量，%；

m_1 ——坩埚和烘干试样重，g；

m_2 ——坩埚和灼烧后试样重，g；

c_i ——塑料在垃圾干基中的百分比，%；

$m_{\text{样}}$ ——称样量，g。

所得结果应表示至四位小数。

二、城市生活垃圾含水率

1、设备

电热鼓风恒温干燥箱：最高使用温度 200℃，控温精度 ±1℃；

搪瓷托盘；

塑料容器：能耐 150℃ 以上，易清洗；

金属容器：耐腐蚀，易清洗；

天平：感量 0.1g；

台秤：最小分度值 5g；

干燥器：干燥剂为变色硅胶。

2、步骤

a) 将样品的各种成分分别放在干燥的容器内，置于电热鼓风恒温干燥箱内，在 105℃ ±5℃ 的条件下烘 4h～8h（厨余类生活垃圾可适当延长烘干时间），待冷却 0.5h 后称重。

b) 重复烘 1h～2h,冷却 0.5h 后再称重，直至两次称量之差小于样品量的百分之一。妥善保存烘干后的各种成份，用于生活垃圾其他项目的测定。

3、计算

含水率应按下式计算：

$$C_{i(w)} = \frac{M_i - M'_i}{m_{\text{样}}(1 + c_i)} \times 100$$

$$C_{(w)} = \sum_{i=1}^n C_{i(w)} \times \frac{C_i}{100}$$

式中：

$C_i(w)$ ——某成份含水率，%；

$C(w)$ ——样品含水率，%；

C_i ——某成份湿基含量，%；

M_i ——某成份湿重，单位为千克 (kg) 或克 (g)；

M'_i ——某成份干重，kg 或 g；

i ——各成份序数；

n ——成份数。

计算结果保留二位小数。

三、城市生活垃圾灰分

1、设备

电热鼓风恒温干燥箱：最高使用温度 200℃，控温精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ ；

马福炉：最高使用温度 850℃；

天平：感量为 0.0001g 的分析天平；

坩埚：容积在 100mL 以上；

坩埚钳、耐热石棉网、干燥器等。

2、步骤

a) 准确称取 $5\text{g} \pm 0.1\text{g}$ (精确至 0.0001g) 样品 (见 5.2.2 的 a) 或 b))，放入已在 $815^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 的条件下烘干至恒重的坩埚中。

b) 将坩埚放入马福炉中，在 30min 内将炉温缓慢升到 300℃，保持 30min；再将炉温升到 $815^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ ，在此温度下灼烧 3h。

c) 停止灼烧，待温度降至 300℃左右时，将坩埚取出放在石棉网上，盖

上盖,在空气中冷却 5min,然后将坩埚放入干燥器,冷却至室温即可称重。

d) 重复灼烧 20min, 冷却至室温后称重, 两次称重相差小于 0.0005g。

3、计算

a) 按下式计算灰分。

$$C_{I(w)} = \frac{M_H}{M} \times 100$$

b) 按下式计算可燃物。

$$C_K = 100 - C'_H$$

c) 按式 (10)、式 (11) 换算可燃物 (湿基)、灰分 (湿基) 含量:

$$C_K = C'_K \times \frac{100 - C_{(w)}}{100}$$

$$C_H = 100 - C_K - C_{(w)}$$

式中:

C'_H ——干基灰分含量, %;

C'_K ——干基可燃物含量, %;

M_H ——样品灰分重量, 单位为克 (g);

M ——样品重量, 单位为克 (g);

C_K ——可燃物 (湿基) 含量, %;

C_H ——灰分 (湿基) 含量, %。

计算结果保留二位小数。

四、城市生活垃圾热值

1、仪器

氧弹式量热仪：测温准确度大于 0.002K；

分析天平：感量为 0.0001g；

2、步骤

根据垃圾的具体情况及测定要求选择样品形式

按照 GB213 和量热仪操作手册测定样品的热值，根据量热计的测定量程确定样品重量，样品重量精确至 0.0001g，每个样品重复测定 2～3 次。

3、计算

氧弹量热仪直接测定的热值可近似作为样品干基高位热值，并按下式换算成湿基高位热值和湿基低位热值：

$$Q_{(h)} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Q'_{j(h)} \times \frac{100 - C_{(w)}}{100}$$

$$H' = \sum_{i=1}^n \left[H'_i \times \frac{C'_i}{100} \right]$$

$$Q_{(l)} = Q_{(h)} - 24.4 \times \left[C_{(w)} + 9H' \times \frac{100 - C_{(w)}}{100} \right]$$

式中：

$Q'_{j(h)}$ ——干基高位热值，单位为千焦每千克（kJ/kg）；

$Q_{(h)}$ ——湿基高位热值，单位为千焦每千克（kJ/kg）；

$Q_{(l)}$ ——湿基低位热值，单位为千焦每千克（kJ/kg）；

H' ——干基氢元素含量，%；

$C_{(w)}$ ——样品含水率，%；

C'_i ——某成分干基百分含量（见 6.3.3），%；

j——重复测定序数；

m——重复测定次数；

i——各成分序数；

24.4——水的凝缩热常数，单位为千焦每千克（kJ/kg）。

计算结果保留四位有效数字。